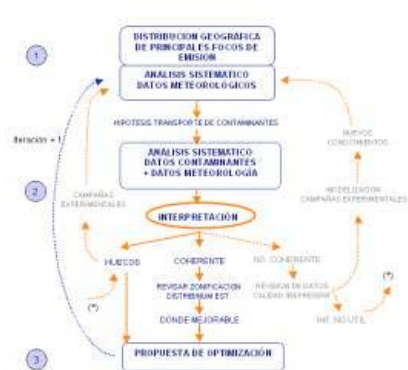
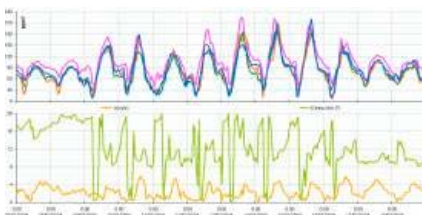


INFORME FINAL

"ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR OZONO TROPOSFÉRICO EN ESPAÑA"



AUTORES:

José Jaime Diéguez Rodríguez (jjaime@ceam.es)

Millán Millán Muñoz

Laura Padilla Gómez

José Luís Palau Aloy

Índice

Agradecimientos	7
Introducción.	9
1. Objetivos y planificación de los trabajos.	13
2. Marco legal relativo al ozono. Herramientas de evaluación y criterios.	17
2.1. Síntesis de la legislación vigente sobre calidad del aire.	17
2.2. Extracto de anexos relevantes de la directiva 2008/50 /CE.	20
3. Descripción de las Redes de Calidad del Aire y la Base de datos histórica.	23
3.1. Distribución de estaciones automáticas y zonificación.	23
3.2. Descripción de la base de datos histórica.	28
3.2.1. Cobertura temporal de las estaciones de medida.	28
3.2.2. Control de calidad de los datos.	37
4. Evaluación de la calidad del aire en España relativa al ozono troposférico.	43
4.1. Evaluación de la calidad del aire relativa al ozono.	43
4.2. Distribución geográfica de superaciones de valores legales de referencia.	45
5. Dinámica del ozono en España y Patrones espacio-temporales.	47
5.1. Revisión general de los factores que dirigen la dinámica de contaminantes.	47
5.2. Análisis estadístico de pautas espacio-temporales.	52
5.2.1. Selección de estaciones representativas.	52
5.2.2. Ciclos diario y semanal.	54
5.2.3. Pauta estacional.	58
5.2.4. Variabilidad interanual y tendencias	62
5.3. Relación entre concentraciones y magnitudes meteorológicas.	64
6. Simulaciones numéricas de los campos de viento.	69
6.1. Estructura interna de la Baja Térmica Ibérica: Procesos mesoescalares entre el 26 y el 30 de Junio de 2004.	70
6.2. Estudio de la continuidad de las masas de aire en la Península Ibérica: Implicaciones en los niveles de concentración de fondo.	80
6.3 Simulación meteorológica a alta resolución del entorno de la ciudad de Valladolid.	85
7. Optimización de las herramientas de evaluación.	96

7.1. Procedimiento de optimización.	97
7.2. Representatividad de estaciones	101
8. Aplicación del procedimiento de optimización de las herramientas de evaluación. Resumen de resultados por CCAA.	103
8.1. Optimización de la red de calidad del aire de Andalucía.	107
8.1.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	107
8.1.2. Descripción de la base de datos.	110
8.1.3. Dinámica del ozono en Andalucía.	113
8.1.4. Revisión de Recomendaciones.	121
8.1.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	122
8.2. Optimización de la red de calidad del aire de Aragón.	127
8.2.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	127
8.2.2. Descripción de la base de datos.	130
8.2.3. Dinámica del ozono en Aragón.	132
8.2.4. Revisión de Recomendaciones.	137
8.2.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	139
8.3. Optimización de la red de calidad del aire de Asturias.	143
8.3.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	143
8.3.2. Descripción de la base de datos.	144
8.3.3. Dinámica del ozono en Asturias.	146
8.3.4. Revisión de Recomendaciones.	149
8.3.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	151
8.4. Optimización de la red de calidad del aire de Cantabria.	155
8.4.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	155
8.4.2. Descripción de la base de datos.	156
8.4.3. Dinámica del ozono en Cantabria.	158
8.4.4. Revisión de Recomendaciones.	162
8.4.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	163
8.5. Optimización de la red de calidad del aire de Castilla-La Mancha.	167
8.5.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	167
8.5.2. Descripción de la base de datos.	168
8.5.3. Dinámica del ozono en Castilla-La Mancha.	170

8.5.4. Revisión de Recomendaciones.	174
8.5.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	176
8.6. Optimización de la red de calidad del aire de Castilla-León.	179
8.6.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	179
8.6.2. Descripción de la base de datos.	182
8.6.3. Dinámica del ozono en Castilla-León.	185
8.6.4. Revisión de Recomendaciones.	192
8.6.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	194
8.7. Optimización de la red de calidad del aire de Cataluña.	197
8.7.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	197
8.7.2. Descripción de la base de datos.	199
8.7.3. Dinámica del ozono en Cataluña.	202
8.7.4. Revisión de Recomendaciones.	210
8.7.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	212
8.8. Optimización de la red de calidad del aire de Comunidad Valenciana.	217
8.8.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	217
8.8.2. Descripción de la base de datos.	219
8.8.3. Dinámica del ozono en la Comunidad Valenciana.	221
8.8.4. Revisión de Recomendaciones.	225
8.8.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	226
8.9. Optimización de la red de calidad del aire de Extremadura.	231
8.9.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	231
8.9.2. Descripción de la base de datos.	232
8.9.3. Dinámica del ozono en Extremadura.	233
8.9.4. Revisión de Recomendaciones.	237
8.9.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	238
8.10. Optimización de la red de calidad del aire de Galicia.	241
8.10.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	241
8.10.2. Descripción de la base de datos.	243
8.10.3. Dinámica del ozono en Galicia.	246
8.10.4. Revisión de Recomendaciones.	249
8.10.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	251

8.11. Optimización de la red de calidad del aire de Islas Baleares.	255
8.11.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	255
8.11.2. Descripción de la base de datos.	257
8.11.3. Dinámica del ozono en Baleares.	259
8.11.4. Revisión de Recomendaciones.	262
8.11.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	262
8.12. Optimización de la red de calidad del aire de Islas Canarias.	265
8.12.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	265
8.12.2. Descripción de la base de datos.	267
8.12.3. Dinámica del ozono en Canarias.	269
8.12.4. Revisión de Recomendaciones.	273
8.12.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	274
8.13. Optimización de la red de calidad del aire de La Rioja.	277
8.13.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	277
8.13.2. Descripción de la base de datos.	278
8.13.3. Dinámica del ozono en La Rioja.	279
8.13.4. Revisión de Recomendaciones.	283
8.13.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	283
8.14. Optimización de la red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid.	287
8.14.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	287
8.14.2. Descripción de la base de datos.	289
8.14.3. Dinámica del ozono en la Comunidad de Madrid.	292
8.14.4. Revisión de Recomendaciones.	299
8.14.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	300
8.15. Optimización de la red de calidad del aire de la Región de Murcia.	305
8.15.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	305
8.15.2. Descripción de la base de datos.	306
8.15.3. Dinámica del ozono en la Región de Murcia.	308
8.15.4. Revisión de Recomendaciones.	311
8.15.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	312
8.16. Optimización de la red de calidad del aire de Navarra.	315

8.16.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	315
8.16.2. Descripción de la base de datos.	316
8.16.3. Dinámica del ozono en Navarra.	317
8.16.4. Revisión de Recomendaciones.	322
8.16.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	323
8.17. Optimización de la red de calidad del aire del País Vasco.	327
8.17.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.	327
8.17.2. Descripción de la base de datos.	329
8.17.3. Dinámica del ozono en País Vasco.	332
8.17.4. Revisión de Recomendaciones.	336
8.17.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.	338
9. Conclusiones y Resumen de Propuestas de Optimización.	343
Bibliografía.	349

ANEXO 1: Manual de uso del programa VisualCEAM de visualización de datos y cálculo de superaciones. (En DVD Software VisualCEAM y Software base de datos descriptiva de la red) 351

ANEXO 2: Jornadas Validación y procesado de datos de calidad del aire. 361

ANEXO 3: Informe de la Campaña de medidas experimentales en el entorno de Puertollano (Documento independiente)

ANEXO 4: Versión actualizada del Documento *“El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos”* (Documento independiente)

Agradecimientos

Los autores del estudio quieren agradecer muy sinceramente la valiosa y constante colaboración a lo largo de la duración de este estudio de los técnicos y responsables de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, Dña. Angeles Cristóbal, D. Santiago Jiménez, Dña. María Pallarés y D. Alberto González. Su papel no se ha limitado únicamente al seguimiento de los trabajos, sino que han estado siempre disponibles para nuestras consultas, han facilitado los contactos, y han gestionado en ocasiones la obtención de información complementaria a la base de datos de calidad del aire, ayudando con todo ello a que los trabajos se desarrollaran sin dificultades añadidas.

Así mismo, queremos agradecer el interés y las aportaciones de los gestores de la calidad del aire de las CCAA con los que hemos venido manteniendo contactos y colaboraciones a través de las reuniones, jornadas, y grupos de trabajo que han tenido lugar con ocasión de este estudio. Especialmente agradecemos la plena disposición con que nos ha atendido D. Luis Suárez de la Junta de Castilla-La Mancha en relación con los trabajos asociados a la campaña experimental realizada en Junio de 2008 en Puertollano, y a D. José Vicente Miró de la Generalitat Valenciana, por su contribución a la celebración de las Jornadas de Validación y Tratamiento de datos que se llevó a cabo en Noviembre de 2008 en Valencia, también dentro del marco de este contrato.

Introducción

En este informe se compilan los resultados obtenidos a lo largo de los cuatro años de duración del estudio. Se pretende a través de él proporcionar una visión completa de los trabajos realizados, y en consecuencia varios de los contenidos aquí incluidos forman parte de alguno de los siete informes semestrales previos. No obstante, dado el volumen de información manejada en este tiempo, y la abundancia de tareas relacionadas con el procesado y análisis de toda la información, para muchos aspectos nos remitimos a los apartados correspondientes de los informes anteriores.

Junto con este informe se distribuyen, en sendos documentos independientes, el informe final de la campaña experimental realizada en Puertollano en Junio de 2008, y la versión actualizada del documento “*El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos*”. Este segundo documento es una compilación de la evidencia científica acumulada sobre la dinámica del ozono en el sur de Europa, y se concibió como material complementario para los gestores de la calidad del aire en España. En él se abordan aspectos específicos que apenas han estado contemplados en las directivas de calidad del aire.

El **objetivo** principal que se planteó para el estudio fue el establecimiento de una metodología para la adecuada evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono troposférico, conforme a los criterios establecidos en la directiva 2002/03/CE (actualmente integrada en la 2008/50/CE), y sobre la base de los resultados técnicos y científicos más recientes. La aplicación de esta metodología en el contexto del contrato debía traducirse en propuestas de optimización de las herramientas de evaluación, y en el desarrollo de procedimientos interpretativos de los datos de calidad del aire. En el Capítulo 1 se repasan los objetivos planteados y el plan de tareas diseñado para ello, y el Capítulo 2 contiene un breve resumen de la legislación vigente.

Para abordar este estudio se ha contado fundamentalmente con los datos históricos de las **redes automáticas de calidad del aire** en el periodo 1995-2007. Estas redes son el principal instrumento para la evaluación de la calidad del aire. Cada red está formada por un conjunto de estaciones automáticas equipadas con monitores de medida en continuo que registran la evolución de las concentraciones de los principales contaminantes: Dióxido de azufre (SO₂), Monóxido de carbono (CO), Oxidos de Nitrógeno (NO y NO₂), Ozono (O₃), y fracción particulada de tamaño inferior a 10µm (PM₁₀). En algunos casos también registran las variables atmosféricas: Velocidad y dirección de viento, temperatura, radiación solar, humedad relativa, lluvia y presión, indispensables para la correcta interpretación de la evolución de las concentraciones de contaminantes. En total se han recibido y procesado las series de datos horarios de 735 estaciones de calidad del aire, que han estado operativas en todo o en parte del periodo 1995-2007. El Capítulo 3 se dedica a la descripción de las redes y de las bases de datos asociadas. Y en el DVD que acompaña a este informe se incluye, junto a otro material, una base de datos interactiva, diseñada como una colección de formularios con un menú de navegación, con las características principales e información gráfica de todas las redes y estaciones automáticas de España.

Las redes de calidad del aire comenzaron a operar a mediados de los años 90 en la mayor parte de las CCAA, y se orientaron originalmente al control de la contaminación en entornos urbanos e industriales, donde se producen la mayor parte de las emisiones. La vigilancia en las áreas urbanas posibilita en gran medida el objetivo de protección de la salud de la población. Esto es cierto en particular en relación con los contaminantes primarios, aquellos que son emitidos directamente por sus fuentes, cuyos niveles son en general muy bajos fuera de estos entornos.

Pero no toda la población se concentra en áreas urbanas, y por otro lado, en el caso de contaminantes de tipo secundario como el ozono (no emitido directamente, sino que generado fotoquímicamente en la propia atmósfera a partir de sus precursores), el patrón espacial es muy diferente al que muestran las especies primarias. Debido a su carácter oxidante el ozono se mantiene en niveles bajos o moderados en áreas urbanas, donde reacciona con otros contaminantes presentes en la atmósfera. Y por el contrario, en áreas rurales, hacia donde los contaminantes son transportados por las circulaciones de viento, las posibilidades de reacción con otros compuestos se ven reducidas, su tiempo de residencia en la atmósfera aumenta, y alcanza habitualmente concentraciones mayores.

Antes de la explotación de los datos, el mero análisis de la distribución de los emplazamientos de medida ya reveló una situación de partida marcada por la variedad de criterios aplicados en el diseño de las distintas redes en España. O en todo caso, marcada por el desigual ritmo de adaptación de las redes a los objetivos y criterios establecidos a partir de la promulgación de la directiva 1996/62/CE, y posteriormente de sus directivas derivadas, entre ellas la 2002/3/CE relativa al ozono (transpuesta a la legislación española con el R.D.1796/2003). Así, muchas de las redes siguen manteniendo una distribución de estaciones orientada básicamente a la vigilancia de las áreas urbana e industriales.

La situación descrita para las redes de vigilancia se trasladó posteriormente al diseño de los mapas de **zonificación**, que comienza en los años 2001-2002. La normativa que surge con la directiva 1996/62/CE establece la zona como unidad de gestión de la calidad del aire, y designa a los estados miembros como responsables de delimitar zonas abarcando todo su territorio. Sin embargo, el texto no aporta más criterio para ello que el de separar las conurbaciones de más de 250.000 habitantes en zonas específicas denominadas "aglomeraciones" (por tanto, se puede considerar que cualquier diseño que separe las aglomeraciones del resto del territorio es formalmente válido).

Así, la observación de los mapas de zonas diseñados por cada CCAA muestra igualmente la disparidad de criterios aplicados. Este diseño se vio condicionado por la distribución previa de estaciones, y en muchos casos la zonificación consistió básicamente en separar en zonas diferenciadas las áreas urbanas e industriales, donde se disponía de la mayoría de las estaciones, dejando el resto del territorio en una única zona o un número reducido de ellas, con un escaso número de estaciones de vigilancia. Este modelo puede resultar válido para la evaluación de las especies primarias (SO₂, CO y NO_x), con una distribución espacial, como ya se ha dicho, que solo muestra niveles significativos en las zonas urbanas e industriales (con excepciones importantes, como el caso de áreas afectadas emisiones de chimeneas altas, habitualmente de Centrales Térmicas, que pueden dar lugar a niveles muy elevados de SO₂ a distancias de decenas de kilómetros). Pero el modelo no se adecua al seguimiento de especies secundarias como el ozono, y probablemente las PMs (con una componente secundaria importante), ya que las delimitaciones así concebidas no separan situaciones diferenciadas respecto de los niveles o la dinámica del ozono.

En el proceso de adaptación a la legislación que ha tenido lugar en los últimos años, la mayor parte de las redes han ido extendiendo gradualmente su cobertura a las zonas rurales, y muchas de ellas disponen actualmente de redes bien dimensionadas, con un número y una distribución de emplazamientos de medida que garantiza una apropiada cobertura espacial, y que se disponen dentro de una delimitación razonable de zonas. Pero aún queda por completar este trabajo en varias partes del territorio, donde continúan existiendo áreas extensas para las cuales se carece de medidas representativas, y zonificaciones mejorables en relación con la vigilancia del ozono.

En relación con la distribución de estaciones se requiere progresar hacia configuraciones óptimas en el sentido de "capturar" la variabilidad espacial de las concentraciones de ozono, como mínimo con la resolución que requieren los valores objetivo definidos en la legislación. Y en el caso de la zonificación se considera que este debe orientarse a la identificación de cuencas aéreas (entendidas como áreas geográficas en las cuales los niveles de contaminantes están influidos fundamentalmente por las mismas fuentes, y por los mismos procesos de transporte de la masa aérea desde dichas fuentes), dentro de las cuales se debe procurar separar zonas de calidad del aire equivalente. En el Capítulo 5 se describen los factores que dirigen el comportamiento del ozono, y se analizan los patrones espacio-temporales del ozono en un conjunto de estaciones representativo para toda España. Y en el Capítulo 6, a partir de los resultados de simulaciones numéricas, se analiza el patrón de los campos de viento que transportan y dispersan los contaminantes a escala peninsular. Antes que estos el Capítulo 4, con los resultados de la evaluación de la calidad del aire relativa al ozono en España, ayuda a poner en contexto la situación actual respecto al cumplimiento legislativo en cuanto al ozono troposférico.

En definitiva la optimización de las herramientas de evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono requiere un análisis previo de la dinámica de este contaminante. En este sentido precisa especial atención la identificación de las rutas habituales de transporte de las emisiones desde las grandes áreas urbanas e industriales, a lo largo de las cuales se producen los valores máximos de ozono. La metodología aplicada para ello se basa en la explotación de los datos históricos de las redes de calidad del aire, y consiste en un procedimiento iterativo que aplicado sucesivas veces sobre datos actualizados permite alcanzar un diseño óptimo de las redes y de la zonificación. El capítulo 7 se dedica a la descripción de este procedimiento.

Para procesar y analizar la gran cantidad de datos de calidad del aire (735 ficheros de datos horarios conteniendo cada uno entre 6 y 15 parámetros en el periodo 1995-2007) se han desarrollado herramientas de software, con diferentes aplicaciones que abarcan el reformato de los ficheros de datos recibidos, el control de calidad de las medidas, la generación de resultados estadísticos, la generación de series derivadas de ciclos promedio de interés (ciclos diario, semanal, estacional...), distintas formas de representación gráfica de las series temporales de datos horarios y de las series derivadas, etc.

Las propuestas de optimización emitidas en el informe final de Julio de 2007 correspondieron a los resultados de la primera iteración de este procedimiento sobre una base de datos que abarcaba hasta el año 2005. Y en esta segunda fase se ha integrado la nueva información disponible (datos de los años 2006 y 2007), y se ha realizado una segunda iteración, en la que se han revisado las propuestas para todas las redes. En el Capítulo 8 se analiza de forma individualizada la situación en cada CCAA, y en cada caso se revisan y actualizan las propuestas de optimización. Y el Capítulo 9 contiene el resumen de las propuestas y las conclusiones principales alcanzadas en el estudio.

Por último, en respuesta a los objetivos planteados las propuestas formuladas apuntan a la mejora de la evaluación del ozono troposférico en España. Pero además de esto el análisis sistemático de los datos de calidad del aire, bajo la óptica del conocimiento adquirido por el CEAM en la investigación de la dinámica de contaminantes en los últimos 15 años, ha permitido establecer relaciones causa-efecto, y ha puesto de manifiesto la contribución de varias componentes a los niveles de ozono. Entre estas contribuciones hay que contar niveles significativos de fondo (no asignables a ninguna fuente identificable), que se añaden a la producción fotoquímica a partir de las emisiones del día, y que provienen tanto de la recirculación de la masa aérea, como del transporte a larga distancia. Este transporte se pone de manifiesto al menos en los registros de las estaciones de la costa cantábrica, bajo condiciones advectivas del NE, y también en estaciones costeras del mediterráneo, con la entrada de aire desde el sur de Francia. El conocimiento de estos aspectos de la dinámica del ozono en España es fundamental para diseñar medidas de control adecuadas a las zonas que en un futuro próximo van a requerirlo, y donde será importante conocer el margen real de maniobra que puede dar el control de las emisiones locales, teniendo en cuenta estas contribuciones de fondo.

1. Objetivos y planificación de los trabajos.

El estudio que se llevó a cabo dentro del primer periodo bianual de este contrato (Julio 2005-Junio2007) tuvo por objeto el **establecimiento de una metodología para la adecuada evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono troposférico en España, conforme a los criterios establecidos en el R.D. 1796/2003, y sobre la base de los resultados técnicos y científicos más recientes**. El desarrollo de la metodología consiste básicamente en la optimización de las herramientas de evaluación, y en la aportación de procedimientos interpretativos de la información que estas herramientas proporcionan (series temporales de medidas de concentración). Como objetivos específicos se contemplaron los cuatro siguientes:

- Armonizar los criterios para la evaluación de la calidad del aire en todo el territorio español (**zonificación y ubicación de estaciones automáticas**), teniendo en cuenta los conocimientos científicos disponibles hasta la fecha y las peculiaridades de las regiones.
- Profundizar en el conocimiento de la **dinámica atmosférica** y de los fenómenos de transporte con apoyo de las bases de datos existentes y de resultados experimentales (procedentes de campañas diseñadas *ad hoc*).
- Elaboración de procedimientos de **análisis e interpretación** de los datos de las redes para su utilización por los gestores de la calidad del aire.
- Integración de las herramientas de **modelización**, tanto modelización meteorológica como fotoquímica y combinación de ambas (modelos híbridos), a la evaluación de la calidad del aire, para aplicarlas a diferentes escalas espaciales y temporales.

La planificación de las tareas asociadas, que abarcaron un periodo de dos años, se muestra en el cronograma de la Tabla 1.1. Y los resultados de estos trabajos se expusieron en el informe final emitido en Julio de 2007.

Respecto a la tarea II.2 en concreto, que originalmente se planteó como una campaña experimental en una región piloto que se localizaría en la costa mediterránea, el punto de interés se trasladó, con el contrato ya iniciado, al área de Puertollano (Ciudad Real). El cambio de zona se debió al interés prioritario manifestado por el ministerio, y por los responsables de la gestión de la calidad del aire en Castilla-La Mancha, en analizar la situación en este área industrial, donde se registran niveles de ozono especialmente elevados. Debido a problemas de calendario para llevar a cabo esta campaña en las condiciones idóneas (primavera-verano), y a la falta de un conocimiento más detallado de la problemática de la zona, se decidió por un lado sustituir la campaña por un estudio previo de la situación (ver) e incluir la campaña en el siguiente periodo

MESES	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PRIMERA FASE: Explotación de datos históricos, y criterios preliminares de zonificación																								
Tarea I.1: Revisión de las series de datos históricos disponibles en las distintas redes de vigilancia de la calidad del aire dependientes de administraciones públicas en función de la estación del año y su ubicación geográfica. Se incluye asimilación y armonización de las series de datos y su control de calidad.																								
Tarea I.2: En función de la estación del año y de su ubicación geográfica, se preparará una climatología de los emplazamientos.																								
Tarea I.3: Establecer una climatología de episodios, interrelacionando los comportamientos típicos y ciclos observados en función de áreas geográficas y los procesos meso-meteorológicos ya conocidos.																								
Tarea I.4: Compilación de la evidencia científica disponible (publicaciones) que documente las situaciones observadas. Preparación de un de posición en español e ingles.																								
Tarea I.5: Identificar las posibles carencias en cobertura espacial de las redes actuales y recomendar en caso necesario modificaciones o nuevos emplazamientos.																								
Tarea I.6: Selección de un subconjunto de emplazamientos representativos en base a tarea I.3																								
Tarea I.7: Elaboración y propuesta de una zonificación Inicial																								
Tarea I.8. Elaboración de informes de la Fase I																								
Tarea I.8.1.: Informe de progreso Fase I.																								
Tarea I.8.2.: Informe final fase I (Estado de conocimientos específico de los problemas del ozono en la Península Ibérica, en el contexto la zonificación actual, propuesta de zonificación para todo el territorio).																								
SEGUNDA FASE: Generación de nuevos conocimientos, Datos experimentales y optimización de modelos para una Zona piloto. Integración de resultados y elaboración de Procedimientos interpretativos.																								
Tarea II.1: Diseño de una estrategia de modelización específica por regiones geográficas, en base a lo ejecutado de la fase I.																								
Tarea II.2: Campañas de medición experimentales en la región piloto (campañas intensivas cortas en periodos preseleccionados). Y compilación de datos.																								
Tarea II.3: Propuesta de procedimientos interpretativos preliminares a ser testados por las comunidades autónomas. Inicio de la elaboración de un procedimiento interpretativo: módulos de análisis de datos y modelísticos																								
Tarea II.4: Simulaciones con modelos acoplados (meteorología y fotoquímica) con los datos experimentales en condiciones climáticamente de interés para el caso piloto.																								
Tarea II.5: Preselección de las zonas del territorio Español en las que en el futuro se deberían realizar simulaciones con los modelos optimizados en tarea II.4. Propuestas de campañas experimentales para la posterior validación.																								
Tarea II.6: Elaboración de informes de la fase II:																								
Tarea II.6.1.: De progreso Fase II.																								
Tarea II.6.2.: Informe final fase II. N el que se procede a la presentación de resultados, para su revisión/discusión. Y se incluyen propuestas para la incorporación de resultados en los programas Europeos de calidad del aire.																								

Tabla 1.1: Cronograma de actividades planificadas Julio 2005-Junio2007.

Para el segundo periodo bianual o periodo de prorrogación del contrato (Julio 2007-Junio 2009), se conservaron los mismos objetivos generales. Los objetivos parciales se conservaron igualmente pero con la reformulación del objetivo 4: "Adaptación/ajuste de los modelos meteorológicos para su uso en las condiciones específicas de la Península

Ibérica, orientado a su integración en herramientas de simulación de la calidad del aire”. Y en sentido contrario se amplió el Objetivo 3 a *elaboración de herramientas* (anteriormente solo se contemplaban *procedimientos*), y se ha incluido también la *verificación* de los datos, además de su *análisis e interpretación*. Este aspecto, relativo al control de calidad de los datos, surge de la revisión del estado de la base de datos desde las primeras etapas del estudio, y de hecho esta labor ha consumido una parte importante del tiempo dedicado al procesado y asimilación de datos.

La planificación de las tareas para el segundo periodo bianual se basó en los trabajos realizados en la fase primera. Por un lado se continuaron aquellas tareas que por constituir elementos importantes para el mantenimiento y actualización de las series temporales de ozono y variables relevantes asociadas requerían ser prolongadas. Esta continuidad estaba además justificada por los cambios continuos que tienen lugar en las distribuciones de estaciones de las redes de calidad del aire y las zonificaciones de muchas CCAA. Por otro lado se introdujeron nuevas tareas que ampliaban los trabajos realizados, y que ayudarían a mejorar el conocimiento sobre de la calidad del aire en España en relación con el ozono troposférico. La Tabla 2.2 muestra el cronograma de tareas planificadas para el periodo Julio de 2007 a Junio de 2009.

Los capítulos siguientes contienen los resultados de todas las tareas incluidas en la Tabla 2.2, excepto de las 11, 12, 13 y 16, que se distribuyen en los otros dos documentos que acompañan a este.

Las tareas 11 a 13 corresponden a la campaña experimental de Puertollano, y sus resultados constituyen el informe específico de la campaña (Anexo3). Y la tarea 16 se refiere al documento “*El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos*” (Anexo 4), que completa el trío de documentos que compone este informe final.

MESES	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
PRIMERA FASE: Explotación de datos históricos, aplicación de la segunda iteración del procedimiento de optimización de las herramientas de evaluación. Propuestas de optimización.																									
Tarea 1: Actualización de la base de datos histórica con datos de 2006 y 2007. Se incluye asimilación y armonización de las series de datos y su control de calidad (aplicando el procedimiento estandarizado de validación-verificación de datos. Ver tarea 10).																									
Tarea 2: Sobre la base de datos actualizada continuar el análisis de la climatología de los emplazamientos en función de la estación del año y de su ubicación geográfica. Análisis de posibles tendencias y variaciones interanuales																									
Tarea 3: Sobre la base de datos actualizada continuar con el análisis de la climatología de episodios, interrelacionando los comportamientos típicos y ciclos observados en función de áreas geográficas y los procesos mesometeorológicos ya conocidos. Análisis de posibles tendencias y variaciones interanuales																									
Tarea 4: Segunda iteración del procedimiento de optimización de las herramientas de evaluación (Redes y Zonificación) establecido en el contrato anterior.																									
Tarea 5: Actualización de la base de datos documental descriptiva de las redes, y de la página web informativa de la evolución de los trabajos.																									
Tarea 6: Desarrollo y actualizaciones de un software de gestión y análisis de datos de redes de calidad del aire.																									
Tarea 7: Revisión del subconjunto de emplazamientos representativos a la vista de los nuevos datos incluidos en la base de datos.																									
Tarea 8: Propuestas de modificaciones de las herramientas de evaluación (redes y zonificación), sobre la base de los datos actualizados de calidad del aire y de los resultados del estudio.																									
Tarea 9. Elaboración de informes de la Fase I																									
Tarea 9.1.: Informe de progreso Fase I.																									
Tarea 9.2.: Informe final fase I .																									
SEGUNDA FASE: Generación de nuevos conocimientos, Datos experimentales y optimización de modelos para Zonas piloto. Integración de resultados y elaboración de Procedimientos interpretativos.																									
Tarea 10: Organización de una jornada sobre interpretación y validación de datos. Orientada a los gestores de redes como parte del programa de control y garantía de calidad de las redes. Elaboración y distribución de un documento-guia con el procedimiento de validación de datos																									
Tarea 11: Campaña de medición experimental en la región piloto. (Incluye diseño y planificación de campaña)																									
Tarea 12: Simulaciones con modelo meteorológico con los datos experimentales en condiciones climáticamente de interés para el caso piloto																									
Tarea 13: Análisis de resultados de la campaña experimental y las simulaciones numéricas llevadas a cabo en la tarea anterior .																									
Tarea 14: Simulación con modelo meteorológico optimizado en región a seleccionar en base a los resultados de la tarea 2.5 del contrato anterior y en base a los de la tarea 3 del nuevo contrato.																									
Tarea 15: Validación e interpretación de los resultados de la tarea 14.																									
Tarea 16: Actualización del documento de compilación de la evidencia científica disponible que documente las situaciones observadas.																									
Tarea 17: Elaboración de informes de la fase II:																									
Tarea 17.1.: De progreso Fase II.																									
Tarea 17.2.: Informe final fase II.																									

Tabla 1.2: Cronograma de las actividades Julio 2007-Julio 2009.

2. Marco legal relativo al ozono. Herramientas de evaluación y criterios.

2.1. Síntesis de la legislación vigente sobre calidad del aire.

Actualmente a nivel europeo la gestión de la calidad del aire tiene como referencia la **Directiva 2008/50/CE del 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa**. Esta reciente directiva es en realidad la unión de la directiva 96/62/CE sobre evaluación y control de la calidad del aire ambiente, y de sus tres primeras directivas derivadas (por orden de publicación: la 1999/30/CE relativa al Dióxido de Azufre, Oxidos de Nitrógeno, Partículas y Plomo, la 2000/69/CE relativa al Benceno y el Monóxido de Carbono, y la 2002/03/CE relativa al Ozono), e incluye además nuevas regulaciones para la fracción PM2.5 del material particulado. En España la norma de referencia respecto al ozono troposférico es el R.D. 1796/2003, transposición de la directiva 2002/3/CE. Los comentarios que siguen a continuación se refieren a la nueva directiva 2008/50/CE, pero son igualmente válidos en relación con la 1996/62/CE y la 2002/03/CE.

La directiva 2008/50/CE recoge los principios básicos de una estrategia común en materia de calidad del aire en el ámbito de la UE, y sus objetivos se expresan de forma general en los seis apartados del *Artículo 1*, que en definitiva se pueden resumir en la formulación del quinto de ellos:

(5) “Mantener la calidad del aire, cuando sea buena, y mejorarla en los demás casos”

para alcanzarlo se requiere previamente la consecución de los dos primeros objetivos:

(1) “Definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la población y el medio ambiente en su conjunto”, y

(2) “Evaluar la calidad del aire en los estados miembros basándose en métodos y criterios comunes”

Sobre la base de los cuales es posible abordar el control de la calidad del aire como plantea el tercer objetivo:

(3) “obtener información de la calidad del aire ambiente con el fin de ayudar a combatir la contaminación atmosférica y otros perjuicios y controlar la evolución a largo plazo y las mejoras resultantes de las medidas nacionales y comunitarias”,

El cuarto objetivo es relativo a la difusión de la información: (4) “asegurar que esa información sobre la calidad del aire ambiente se halla a disposición de los ciudadanos”, y el sexto hace referencia a la necesidad de cooperación entre estados: (6) “Fomentar el incremento de la cooperación entre los estados miembros para reducir la contaminación atmosférica”.

Cualquier estrategia de control bien orientada deberá conducir al cumplimiento de estos objetivos, de acuerdo con los criterios también definidos en la misma directiva, y dentro de los plazos previstos.

El objetivo primero se materializa con la definición de los **valores límite, valores objetivo, y umbrales de alerta** para las concentraciones de cada contaminante, a partir de los conocimientos científicos sobre los efectos de los contaminantes en la población, la vegetación y el medio ambiente en general. Los valores límite pretenden evitar efectos asociados a concentraciones en periodos largos, y se plantean como niveles que deben alcanzarse en un plazo determinado y no superarse una vez alcanzados. El valor objetivo, definido exclusivamente para el ozono a partir de su consideración como un contaminante

de naturaleza transfronteriza¹, y por tanto más difícilmente controlable por cada estado miembro individualmente, es equivalente al valor límite pero se admite la posibilidad de no alcanzarse. Por último, los umbrales de alerta se establecen para prevenir daños en situaciones episódicas de alta contaminación.

La responsabilidad de cada estado miembro, una vez establecidos estos parámetros de calidad, consiste en **evaluar, controlar** (para mantener o mejorar), **e informar** sobre la calidad del aire en sus respectivos territorios, y bajo unos mismos criterios comunes.

- **Evaluación de la calidad del aire.**

Entre los criterios establecidos para la evaluación cabe destacar, por la forma en que determina toda actuación posterior, que esta habrá de realizarse sobre la base de una **zonificación** del territorio. La delimitación de las zonas no es fácil puesto que las directivas no orientan sobre como llevarla a cabo, limitándose únicamente a la definición de zona como "parte del territorio de estado miembro delimitada por este a efectos de evaluación y gestión de la calidad del aire", y a la consideración de las aglomeraciones (conurbación con más de 250.000 habitantes) como un tipo específico de zonas.

Además la directiva establece criterios para garantizar la cobertura del territorio y la intercomparación de los niveles en toda la UE, contemplando aspectos tales como: los métodos de medida adecuados a cada zona en función de los niveles de contaminantes que le afectan, el número mínimo y ubicación de los monitores en el caso de medida en continuo, las técnicas de referencia para la medida en continuo, los objetivos de calidad de los datos, etc.

La evaluación se realizará anualmente, como corresponde a valores límite/ valores objetivo que se definen sobre periodos anuales (ya sea por aplicarse a promedios anuales, o bien por contabilizarse el número superaciones anuales de valores promediados en intervalos horarios, octohorarios o diarios). En cuanto a los métodos de evaluación para el ozono se toma como referencia los valores objetivo a largo plazo, de manera que en las zonas donde los niveles están por encima de estos durante alguno de los 5 años anteriores, es obligatoria la medida en continuo. La medida en continuo es la más exigente en cuanto a los recursos técnicos y humanos necesarios para su instalación y mantenimiento.

En el caso de España el criterio de evaluación establecido por la directiva para el ozono implica en la práctica la necesidad de medir en continuo en todas las zonas del territorio (ver Capítulo 4). Por tanto, las redes de calidad del aire son la principal herramienta de evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono troposférico en España.

Como resultado de cada evaluación anual las zonas se clasifican respecto a los niveles de ozono en tres grupos; zonas que superan algún valor objetivo, zonas que no superan ningún valor objetivo pero superan alguno de los objetivos a largo plazo, y zonas por debajo de los objetivos a largo plazo. Para aquellas zonas en alguno de los dos primeros grupos se establecen requisitos destinados al control de las concentraciones.

¹ el carácter transfronterizo del ozono ya se consideraba clave en la directiva 2002/03/CE y daba lugar a un quinto punto adicional en el Artículo 1 de objetivos: "*promover una mayor cooperación entre los estados miembros para reducir los niveles de ozono, y aprovechar las posibilidades que ofrecen las acciones transfronterizas y consensuar dichas acciones*"

- **Control de la calidad del aire.**

En relación con el control de la calidad del aire relativa al ozono la directiva prevé en sus artículos 17, 23 y 24 la elaboración y aplicación de planes de actuación a largo plazo para evitar la superaciones de los Valores Objetivo, y a corto plazo, para evitar los episodios de superación de los Umbrales de Alerta.

El Artículo 17 (*“Requisitos aplicables a las zonas y aglomeraciones donde las concentraciones de ozono superen los valores objetivo y los objetivos a largo plazo”*) establece que:

1. *Los Estados miembros tomarán todas las medidas necesarias que no conlleven costes desproporcionados para asegurarse de que se alcanzan los valores objetivo y los objetivos a largo plazo.*

2. *En las zonas y aglomeraciones donde se supere algún valor objetivo, los Estados miembros se asegurarán de que se aplica el programa elaborado de conformidad con el artículo 6 de la Directiva 2001/81/CE y, si procede, un plan de calidad del aire con el fin de respetar esos valores objetivo, salvo cuando no pueda conseguirse mediante medidas que no conlleven costes desproporcionados, a partir de la fecha especificada en la sección B del anexo VII de la presente Directiva”*

Por su parte, el Artículo 23 establece que: *“Cuando, en determinadas zonas o aglomeraciones, los niveles de contaminantes en el aire ambiente superen cualquier valor límite o valor objetivo, así como el margen de tolerancia correspondiente a cada caso, los Estados miembros se asegurarán de que se elaboran planes de calidad del aire para esas zonas y aglomeraciones con el fin de conseguir respetar el valor límite o el valor objetivo correspondiente especificado en los anexos XI y XIV”.*

Y el Artículo 24 Ap.1 indica que: *“Cuando, en una zona o una aglomeración determinada, exista el riesgo de que el nivel de contaminantes supere uno o más de los umbrales de alerta especificados en el anexo XII, los Estados miembros elaborarán planes de acción que indicarán las medidas que deben adoptarse a corto plazo para reducir el riesgo de superación o la duración de la misma. Cuando dicho riesgo se refiera a uno o varios valores límite o valores objetivo especificados en los anexos VII, XI y XIV, los Estados miembros podrán elaborar, cuando así proceda, esos planes de acción a corto plazo”.*

En el caso particular del ozono el mismo apartado matiza: *“No obstante, cuando exista un riesgo de superación del umbral de alerta del ozono indicado en la sección B del anexo XII, los Estados miembros solo elaborarán esos planes de acción a corto plazo cuando consideren que hay una posibilidad significativa de reducción del riesgo o de la duración o gravedad de la situación, habida cuenta de las condiciones geográficas, meteorológicas y económicas nacionales. Al elaborar ese plan de acción a corto plazo, los Estados miembros deberán tener en cuenta la Decisión 2004/279/CE.”.*

La decisión 2004/279/CE a la que hace referencia este artículo es relativa a las directrices de aplicación de la directiva de ozono (la 2002/3/CE). Esta decisión en su Anexo I se refiere a los aspectos a considerar en la elaboración de los planes a corto plazo, como aspectos geográficos que diferencian a los países del norte, centro y sur de Europa respecto a la posible eficacia estos planes a corto plazo. Para ello se apoya entre otros en los resultados obtenidos por investigadores de la Fundación CEAM (en particular se refiere en a la publicación: *Millán, M.M., et al. «Photo-oxidant dynamics in the Western Mediterranean in summer; Results of European research projects», J.Geophhy.Res., 102, D7, 8811-8823, 1997).*

• **Información sobre la calidad del aire.**

Por último, en lo relativo a la información al público la directiva en su Artículo 26 obliga a informar entre otras cosas de las superaciones de valores límite, valores objetivo y umbrales de información y alerta. Para la mayor parte de los contaminantes regulados, entre ellos el ozono, esta información se habrá de actualizar diariamente y cuando sea posible cada hora. Como destinatarios de la información, además del público en general, destaca a “*organizaciones medioambientales y de consumidores, a las que representen a grupos de población sensible y otros organismos sanitarios relacionados...*”, y propone canales de difusión de la información gratuitos y accesibles como Internet.

2.2. Extractos de los Anexos VII, VIII, IX de la directiva 2008/50/CE

• **Anexo VII.B: Definición de Valores Objetivo y Objetivo a largo plazo para el ozono. (correspondiente a Anexo I del R.D. 1796/2003)**

	Parámetro	Valor objetivo para 2010
1. Valor objetivo para la protección de la salud humana	Máximo de las medias octohorarias del día	120 µg/m ³ que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un período de 3 años ⁽³⁾
2. Valor objetivo para la protección de la vegetación	AOT40, calculada a partir de valores horarios de mayo a julio	18 000 µg/m ³ ·h, de promedio en un período de 5 años ⁽³⁾

[...]

⁽³⁾ Si las medias de tres o cinco años no pueden determinarse a partir de una serie completa y consecutiva de datos anuales, los datos anuales mínimos necesarios para verificar el cumplimiento de los valores objetivo serán los siguientes:

- para el valor objetivo relativo a la protección de la salud humana: datos válidos correspondientes a un año,
- para el valor objetivo relativo a la protección de la vegetación: datos válidos correspondientes a tres años.

	Parámetro	Objetivo a largo plazo
1. Valor objetivo a largo plazo para la protección de la salud humana	Máximo de las medias octohorarias del día en un año civil	120 µg/m ³
2. Valor objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación	AOT40, calculada a partir de valores horarios de mayo a julio	6000 µg/m ³ ·h

• **Anexo VIII: Criterios de clasificación y ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de las concentraciones de ozono. (Correspondiente a Anexo V del R.D. 1796/2003)**

• Tipo de estación: **Urbana**

* **Objetivos de la medición:** Protección de la salud humana: Evaluar la exposición de la población urbana al ozono, es decir, de los casos en que la densidad de la población y la concentración de ozono sean relativamente elevadas y representativas de la exposición de la población en general.

* **Representatividad:** Algunos km²

* **Criterios de macroimplantación:** Lejos de la influencia de las emisiones locales debidas al tráfico, las gasolineras, etc.; localizaciones ventiladas donde puedan medirse niveles bastante heterogéneos; ubicaciones tales como zonas residenciales y comerciales urbanas, parques (lejos de los árboles), calles o plazas de grandes dimensiones con tráfico escaso o nulo, espacios abiertos característicos de instalaciones educativas, deportivas o recreativas.

• Tipo de estación: **Suburbana**

* **Objetivos de la medición:** Protección de la salud humana y la vegetación: evaluar la exposición de la población y la vegetación situados en las afueras de las aglomeraciones, cuando se alcancen los niveles máximos de ozono a los que puedan estar directa o indirectamente expuestos la población y la vegetación.

<p>* Representatividad: Algunas decenas de km²</p> <p>* Criterios de macroimplantación: A cierta distancia de las zonas de emisiones máximas, a sotavento de las principales direcciones del viento, en condiciones favorables a la formación de ozono; casos en que la población, los cultivos sensibles o los ecosistemas naturales ubicados en los márgenes de una aglomeración se encuentren expuestos a niveles elevados de ozono; cuando proceda, algunas estaciones suburbanas pueden situarse a barlovento de las zonas de emisiones máximas para determinar los niveles regionales de fondo de ozono.</p> <p>● Tipo de estación: Rural</p> <p>* Objetivos de la medición: Protección de la salud humana y la vegetación: evaluar la exposición de la población, los cultivos y los ecosistemas naturales a las concentraciones de ozono a escala subregional.</p> <p>* Representatividad: Niveles subregionales (Algunos cientos de km²)</p> <p>* Criterios de macroimplantación: Las estaciones podrán situarse en pequeños emplazamientos y/o en áreas con ecosistemas naturales, bosques o cultivos; áreas representativas respecto del ozono lejos de la influencia de emisiones locales inmediatas como las instalaciones industriales o las carreteras; pueden situarse en espacios abiertos pero no en las cumbres de montaña de gran altura.</p> <p>● Tipo de estación: Rural de fondo</p> <p>* Objetivos de la medición: Protección de la vegetación y la salud humana: evaluar la exposición de los cultivos y los ecosistemas naturales a las concentraciones de ozono a escala regional, así como la exposición de la población</p> <p>* Representatividad: Niveles regionales/ nacionales/ continentales (1 000 a 10 000 km²)</p> <p>* Criterios de macroimplantación: Estaciones situadas en zonas de baja densidad de población, por ejemplo, con ecosistemas naturales o bosques, a una distancia de 20 km como mínimo de las zonas urbanas e industriales y alejadas de las fuentes de emisiones locales; deben evitarse las zonas donde se produzcan con frecuencia fenómenos de inversión térmica, así como las cumbres de montaña de gran altura; no se recomiendan los emplazamientos costeros con ciclos eólicos diurnos pronunciados.</p>
--

• **Anexo IX: Criterios de determinación del número mínimo de puntos de muestreo para la medición fija de las concentraciones de ozono. (Anexo VI del RD 1796/2003)**

I. Número mínimo de puntos de muestreo para las mediciones fijas continuas dirigidas a evaluar la calidad del aire con vistas al cumplimiento de los valores objetivo, los objetivos a largo plazo y los umbrales de información y alerta cuando la medición continua sea la única fuente de información

Población (× 1 000)	Aglomeraciones (urbanas y suburbanas) (a)	Otras zonas (suburbanas y rurales) (a)	Rural de fondo
< 250		1	1 estación/50 000 km ² de densidad media en todas las zonas de cada país (b)
< 500	1	2	
< 1 000	2	2	
< 1 500	3	3	
< 2 000	3	4	
< 2 750	4	5	
< 3 750	5	6	
> 3 750	1 estación adicional por cada 2 millones de habitantes	1 estación adicional por cada 2 millones de habitantes	

(a) Al menos una estación en áreas suburbanas, donde pueda producirse la máxima exposición de la población. En aglomeraciones, al menos el 50 % de las estaciones deben ubicarse en áreas suburbanas.
 (b) Se recomienda una estación por cada 25 000 km² en terrenos accidentados.

II. Número mínimo de puntos de muestreo para la medición fija en las zonas y aglomeraciones en las que se alcancen los objetivos a largo plazo

El número de puntos de muestreo de ozono deberá ser suficiente, en combinación con otros medios de evaluación suplementaria tales como la modelización de la calidad del aire y las mediciones en un mismo lugar de dióxido de nitrógeno, para examinar la tendencia de la contaminación por ozono y verificar el cumplimiento de los objetivos a largo plazo. El número de estaciones ubicadas en las aglomeraciones y otras zonas se podrá reducir a un tercio del número especificado en la sección I. Cuando la información de estaciones de medición fijas sea la única fuente de información, deberá mantenerse, como mínimo, una estación de control. Si, en zonas en las que exista una evaluación suplementaria, el resultado de ello fuera que una zona quedase desprovista de estación, se deberá garantizar una evaluación adecuada de las concentraciones de ozono en relación con los objetivos a largo plazo, mediante una coordinación con las estaciones de las zonas vecinas. El número de estaciones rurales de fondo deberá ser de una por cada 100 000 km².

Este Anexo se contradice o resulta ambiguo respecto a lo establecido en el VII en dos puntos:

- i) En el Anexo VIII las estaciones suburbanas se contemplan exclusivamente para las aglomeraciones, pero el Anexo IX contempla su instalación en zonas no aglomeración.
- ii) El anexo VIII no restringe las estaciones urbanas a ningún tipo de zona en particular, en cambio el anexo IX solo las considera para zonas de tipo aglomeración.

Seguramente a consecuencia de esta falta de definición en las zonas de tipo no aglomeración abundan las estaciones suburbanas (no cumple los requisitos del Anexo VIII) y las urbanas (no cumplen los requisitos del Anexo IX).

Realmente tanto las estaciones urbanas como las suburbanas pueden ser útiles para la vigilancia de las concentraciones de ozono en ciudades pequeñas y medianas dentro de zonas más extensas de tipo no aglomeración. De manera que la restricción (y de paso la contradicción) debería revisarse, o bien en la legislación se deberían concretar criterios de zonificación para las zonas no aglomeración. En cualquier caso la instalación de estaciones urbanas y suburbanas no debe mermar la presencia también de estaciones rurales fuera de la influencia de las emisiones urbanas dentro de estas zonas, orientadas tanto a la protección de la salud humana como de la vegetación.

3. Descripción de las Redes de Calidad del Aire y la base de datos histórica.

Este capítulo describe el estado de las redes y la base de datos a partir de la información más actualizada disponible, que corresponde a la situación en el año 2007. Para más información respecto al estado de ambas al comienzo del estudio, nos remitimos al informe final de Julio de 2007.

El conjunto de estaciones automáticas de las que se han recibido datos consiste en su mayor parte en estaciones de las redes de calidad del aire de las diferentes CCAA, pero incluye además otras estaciones pertenecientes a redes privadas, redes municipales, y a la red EMEP. En el análisis de datos llevado a cabo se han tratado todas las estaciones por igual, independientemente de su carácter público o privado, y de los objetivos particulares de medición en cada caso.

3.1. Distribución de estaciones automáticas y zonificación en 2007.

Después de actualizar la base de datos con los ficheros recibidos de los años 2006 y 2007, se dispone de 525 ficheros en 2007, correspondientes a las estaciones de calidad del aire operativas en ese año. De estas 525 estaciones, 54 no figuraban anteriormente en la base de datos. Se asume que corresponden a emplazamientos dados de alta en 2006 o 2007. Y por el contrario hay 41 estaciones de las que se dejó de recibir datos en 2006 o 2007. Se asume en este caso que corresponden a estaciones que se dieron de baja.

CCAA	ALTAS	ESTACIONES	BAJAS	ESTACIONES
ANDALUCIA	6	Cobre de las Cruces, La Joya, Rodalquilar, Arcos, Prado del Rey, Fuentezuelas	6	Colodro, Gran Vía Parque, Av. Cádiz, Constitución, Ps. Martiricos, Campamento
ARAGÓN	3	Caspe, Las Fuentes, Centro	3	Camarena, Parainfo, Miguel Servet
BALEARES	3	Hospital Joan March, Ciutadella, San Ant. Portmaní	3	E07003002, E07003003, Can Llompart
CANARIAS	4	Costa Teguisse, Parque de la Piedra, C.A. Juan Ismael, Arrecife		
CASTILLA-LEÓN	4	Burgos5, Cem.Portland1, Cem.Portland2, Salamanca?	2	Fac.Teología, Pl. Colon
CAST.-LA MANCHA	1	Toledo (R.)	1	Toledo
CATALUÑA	12	Matraró (Molins), Mollet (Poli), S.Corneli, El Portet, Vilafranca, Mestral, Guiamets, Viver d'Empreses, R4-Vandellos, Clariana, Sta. Pptua. Mogoda, Berga-Poli,	2	Alcover, Sta. Perpetua
COM. VALENCIANA	4	Almassora2, Patronat, Elx3, Paterna (CEAM)	5	Castellón, Paterna, Sagunto, Almassora, Elche2
EXTREMADURA	2	Mérida, Zafra		
GALICIA	2	Compostela, Ferrol	3	Pastoriza, Campelo, Campo de Fútbol
LA RIOJA			1	Prado Viejo
MADRID	13	Arganda, El Atazar, Collado, Getafe (R.), Guadalix, Orusco, Rivas-Vaciamadrid (R), San Martín de Valdeiglesias (R), Valdemoro, Villa del Prado, Villarejo, Aljete, Coslada	9	Villaverde, San Martín, Rivas-Vaciamadrid, Guadarrama, Chapinería, Buitrago, Carlos V, Getafe, Coslada
MURCIA			5	Bastarreche, Torreciega, Escombreras, La Unión, Mompean.
PAIS VASCO			1	Ondiz

Tabla 3.1: Altas y bajas entre 2005 y 2007 de estaciones automáticas en España. Las estaciones en gris no miden ozono.

Del total de 525 estaciones, en 375² emplazamientos se dispone de monitor para la medida de ozono (equivalente al 71%). La figura 3.1 muestra la distribución geográfica de estos emplazamientos en 2007. Se puede apreciar una mayor concentración de estaciones en todo el mediterráneo, País Vasco, Comunidad de Madrid, y en el Valle del Ebro. Por el contrario la densidad de estaciones es menor en las dos mesetas, Sistema Ibérico y Valle del Guadalquivir. Las diferencias se acentúan si se prescinde de las estaciones urbanas de tráfico, cuyo radio de representatividad se reduce al entorno próximo.



Figura 3.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono en 2007 (Rojo-Urbanas, Amarillo-Suburbanas, Verde-Rurales)

La figura 3.2 muestra la distribución de las estaciones que no disponen de monitor de ozono en el año 2007. Y la 3.3 el mapa de zonas de calidad del aire, en el que se aprecia una variedad evidente en el tamaño y aspecto de las zonas entre diferentes CCAA.

Aunque no hay que esperar densidades homogéneas de estaciones de calidad del aire, o tamaños iguales para las zonas en todo el territorio (ya que no lo son tampoco factores tan influyentes en la calidad del aire como la distribución de las emisiones, la topografía, o las circulaciones atmosféricas), todas estas diferencias, que responden en parte a los condicionantes apuntados en la introducción, revelan la variedad de criterios con que se han configurado las distintas redes.

² En el último informe de seguimiento (Diciembre de 2008) se daban cifras de 526 y 390 respectivamente. En el primer caso la diferencia se debe a que se ha eliminado del listado *Burriana Res.* que no es en realidad a una estación de calidad del aire sino una torre meteorológica. Y en el segundo caso, el número se ha revisado en base a las fechas de alta y baja del monitor de ozono y no de la cabina (existen 15 estaciones operativas en 2007 que han medido ozono en algún periodo pero que dejan de medirlo- o al menos no se dispone de los datos- a partir de alguna fecha anterior a 2007).



Figura 3.2: Distribución de estaciones sin monitor de ozono (Rojo-Urbanas, Amarillo-Suburbanas, Verde- Rurales)



Figura 3.3: Mapa de zonas de calidad del aire.

Las tablas 3.2 y 3.3 muestran la distribución de estaciones, todas y solo las instrumentadas con monitor de ozono, por CCAA y tipo de entorno.

	RURAL	SUBURBAN	URBANA	TOTAL
ANDALUCIA	19	33	34	86
ARAGON	17	5	7	29
ASTURIAS	3	10	7	20
BALEARES	5	6	3	14
CANARIAS	5	20	7	31
CANTABRIA	1	1	9	11
CASTILLA-LEON	25	16	27	68
CAST-MANCHA	2	6	2	10
CATALUÑA	25	27	19	71
COM.VALENCIANA	14	15	17	45
EXTREMADURA	2	4	0	6
GALICIA	14	6	9	29
LA RIOJA	4	0	1	5
MADRID	6	5	37	48
MURCIA	0	5	1	6
NAVARRA	3	2	3	8
PAIS VASCO	4	13	20	37
TOTAL	149	174	203	525

Tabla 3.2: Distribución de estaciones operativas en 2007 por CCAA (Todas)

	RURAL	SUBURBAN	URBANA	TOTAL
ANDALUCIA	12	20	19	51
ARAGON	12	3	7	22
ASTURIAS	3	10	7	20
BALEARES	3	6	3	12
CANARIAS	1	1	3	5
CANTABRIA	1	1	6	8
CASTILLA-LEON	4	11	18	33
CAST-MANCHA	2	6	2	10
CATALUÑA	17	21	15	53
COM.VALENCIANA	14	13	16	43
EXTREMADURA	2	4	0	6
GALICIA	5	2	8	15
LA RIOJA	4	0	1	5
MADRID	6	5	36	47
MURCIA	0	5	1	6
NAVARRA	3	1	3	7
PAIS VASCO	4	10	18	32
TOTAL	93	119	163	375

Tabla 3.3: Distribución de estaciones operativas con monitor de Ozono en 2007 por CCAA

Los gráficos de las figuras 3.4 y 3.5 ilustran la evolución del número de estaciones instrumentadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007 por CCAA y por tipo de entorno. En términos generales, el número total de ellas se ha ido incrementando gradualmente desde 1995. Y al menos desde 1998 el número de estaciones urbanas permanece relativamente estable, mientras que las rurales y suburbanas no han dejado de aumentar. Solo de 2006 a 2007 hay una aparente estabilización en el número de todas ellas.

El incremento de las estaciones rurales y suburbanas en estos años responde en gran medida a la adaptación de las redes a la nueva legislación. En particular la aplicación de los criterios establecidos en la directiva de ozono, en cuanto a la necesidad de medir en continuo en todas las zonas por encima del objetivo a largo plazo, y a la de contar con al menos un 50% de estaciones suburbanas en las aglomeraciones (Anexo IX de la directiva 2008/50/CE), requería la instalación de más estaciones de tipo rural y suburbano.

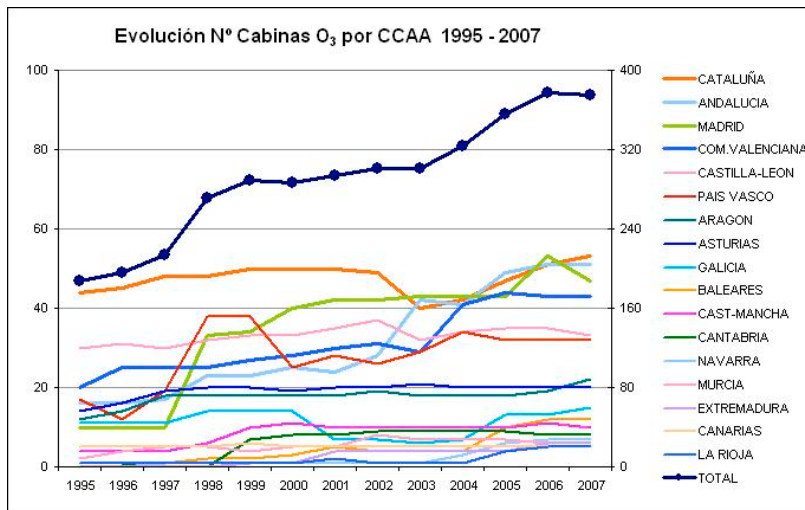


Figura 3.4: Evolución del nº de estaciones con medidas de ozono en 1995-2007 (TOTAL en el eje derecho).

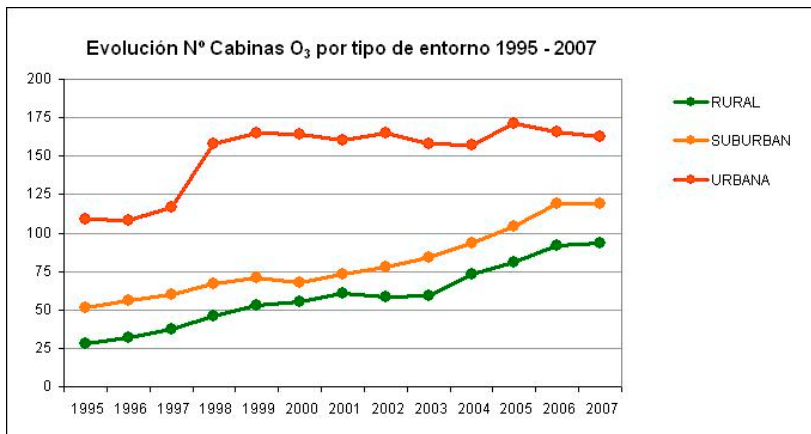


Figura 3.5: Evolución del número de estaciones instrumentadas con monitor de ozono por tipo de estación.

Los cambios señalados han mejorado ligeramente la situación respecto a 2005 en algunos puntos del territorio, pero en general siguen predominando las estaciones urbanas (43% entre el grupo de la red de ozono), con un número importante de ellas incluso en zonas de tipo no aglomeración (figura 3.6). Por otro lado, en términos generales el 50% de las estaciones suburbanas en las aglomeraciones está lejos de haberse alcanzado (45 de 154, equivalente a 29 %).

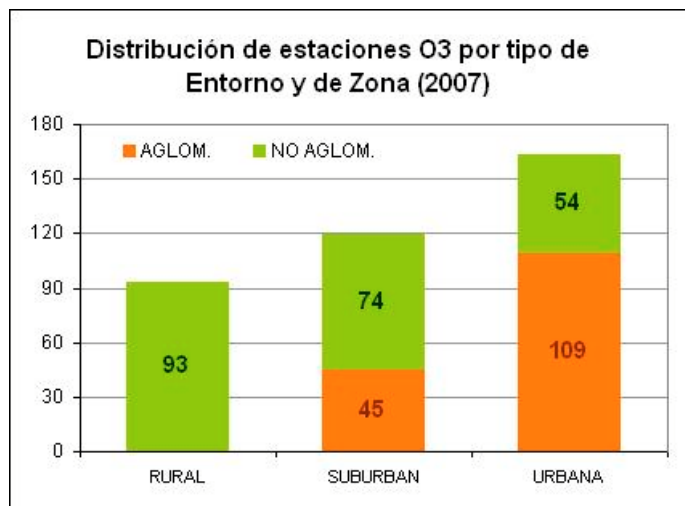


Figura 3.6: Distribución de estaciones operativas en 2007 con monitor de ozono por tipo de entorno y de zona.

Pero lo más importante es que continua existiendo un déficit de estaciones de tipo rural para alcanzar una evaluación adecuada del ozono troposférico en todo el territorio.

Al principio de este apartado se han señalado algunas áreas que no son debidamente cubiertas por la configuración actual de las redes (al menos en 2007). Pero la identificación de huecos en la distribución de estaciones, y la correcta ubicación de nuevos emplazamientos para mejorar la cobertura espacial no son en realidad cuestiones obvias. Como también se ha dicho anteriormente factores tan importantes como la distribución de las emisiones (tráfico urbano e interurbano, industria, aeropuertos, puertos, etc.) y la orografía, con la influencia que esta ejerce en la canalización de las circulaciones atmosféricas a nivel de superficie, siguen patrones característicos y en diferentes puntos de la geografía española. De hecho bajo condiciones anticiclónicas con predominio de las circulaciones de mesoescala (esto ocurre en buena parte de los días entre primavera y verano, cuando mayores son las concentraciones de ozono) se puede hablar de cuencas aéreas diferenciadas, en las que las medidas de las redes de calidad del aire ponen de manifiesto relaciones causa-efecto que determinan una contribución importante de los niveles de ozono. En el Capítulo 7 se detalla el procedimiento de análisis aplicado en este estudio, y en los apartados del Capítulo 8 se aborda la situación para cada red en particular.

NOTA: Aunque son pocas existen estaciones automáticas no incluidas en la BD disponible para este estudio (aparecen en las webs oficiales de algunas CCAA, y en documentos allí publicados). Se ignora si estas estaciones están en realidad operativas, si miden ozono, o si cumplen otras funciones diferentes de la vigilancia de la calidad del aire. A lo largo de todo este estudio se asume que los ficheros suministrados regularmente por el MMAM al CEAM (cada año los del año anterior), son los correspondientes a todas las estaciones automáticas operativas en España en cada año, o al a menos todas las que se utilizan en la evaluación anual, y en base a ese conjunto se hace todo el análisis y se formulan todas las propuestas de optimización.

3.2. Descripción de la base de datos histórica.

3.2.1. Cobertura temporal de las estaciones de medida.

Las figuras de este apartado muestran la cobertura temporal entre 1995 y 2007 de todas la series de ozono disponibles en la BD. Las barras horizontales permiten conocer los periodos en que el monitor de ozono de cada estación automática ha estado operativo en ese periodo, la fecha de alta y en su caso la de baja del monitor (que no coincide necesariamente con las de la estación), así como los periodos de huecos que hayan podido ocurrir por diferentes causas. No se incluyen en estos gráficos los huecos debidos la depuración de datos realizada por el CEAM (ver apartado 3.2.2).

ANDALUCÍA

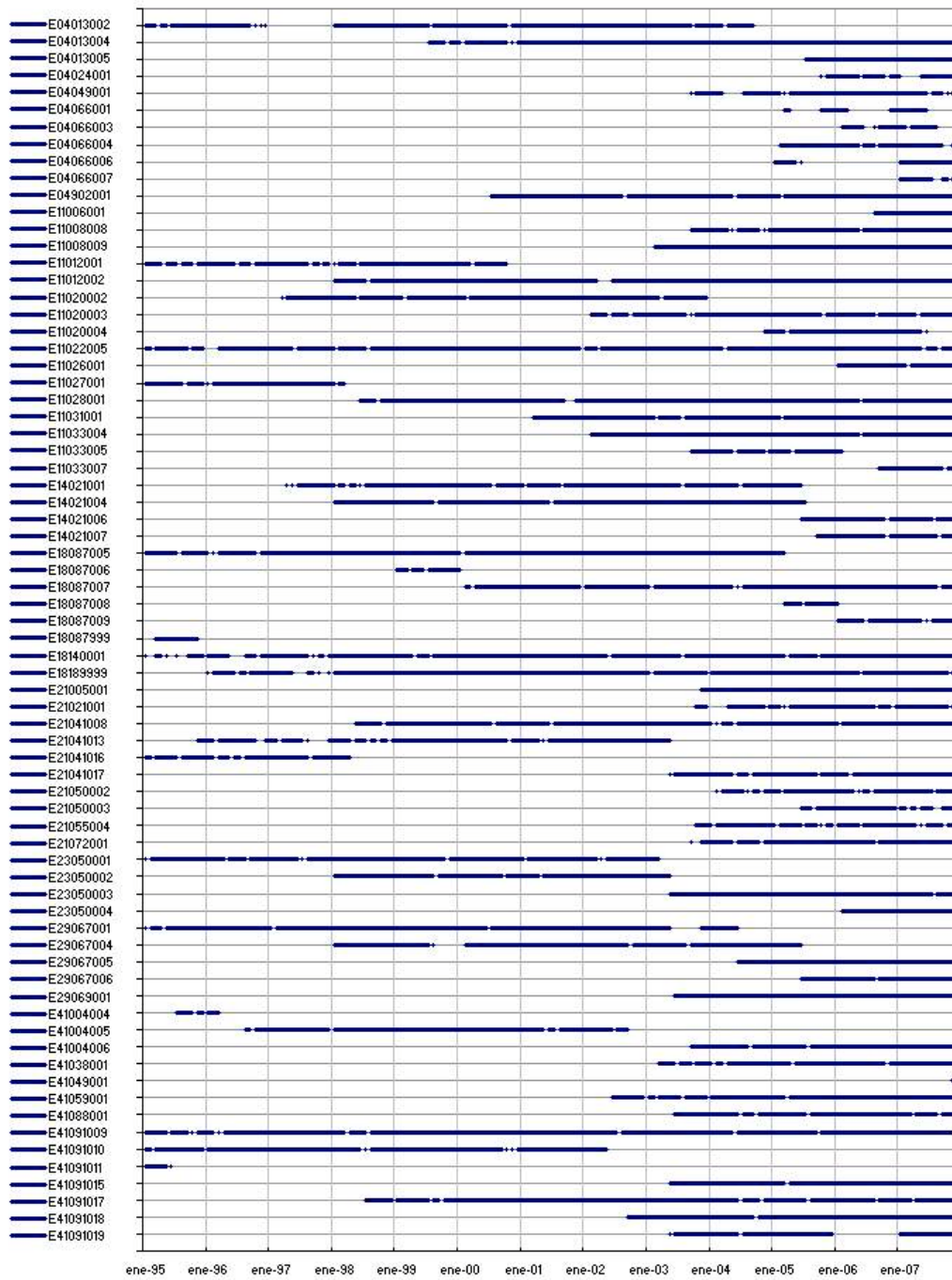
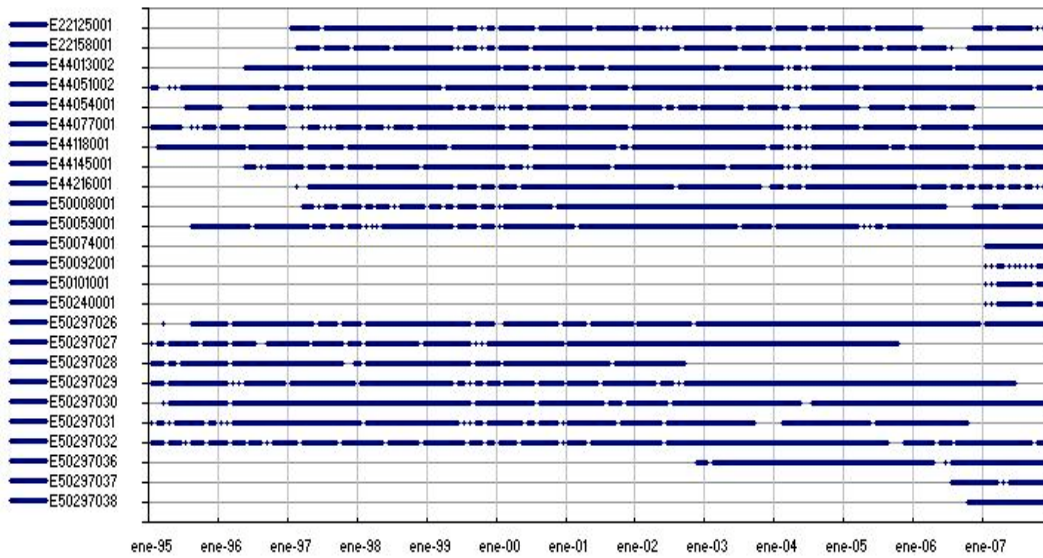
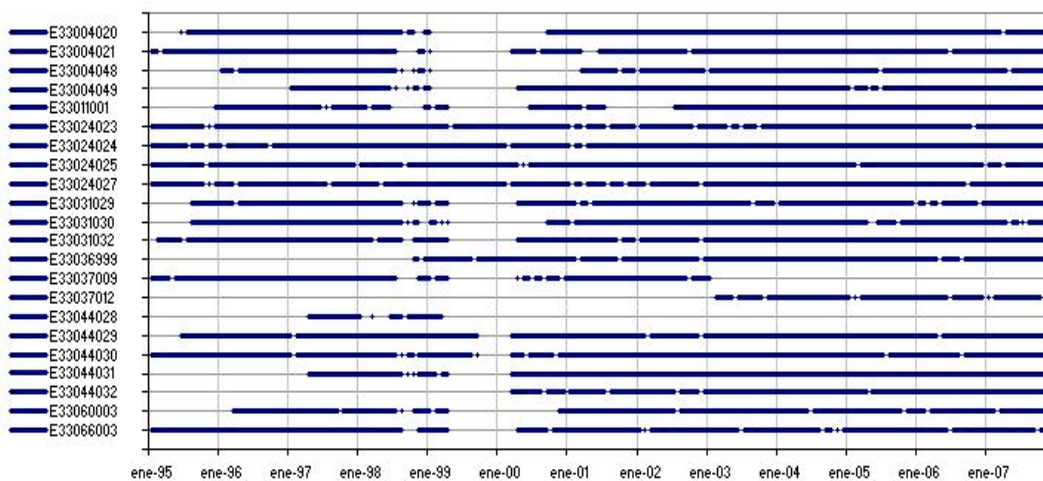


Figura 3.7: Tablas de cobertura temporal en la medida de ozono.

ARAGÓN



PRINCIPADO DE ASTURIAS



ISLAS BALEARES

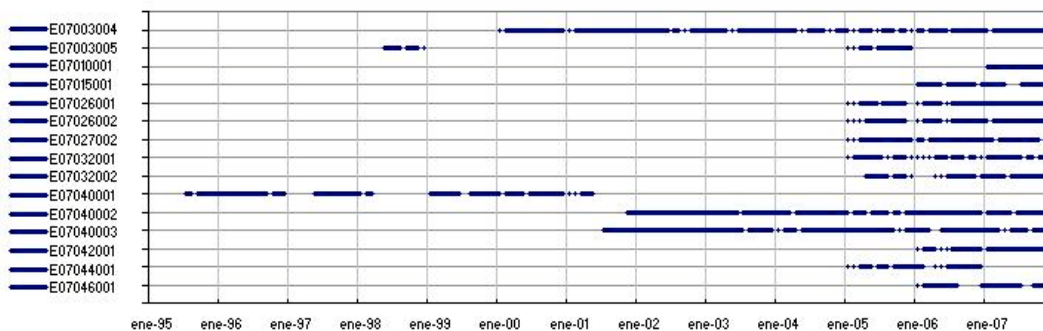
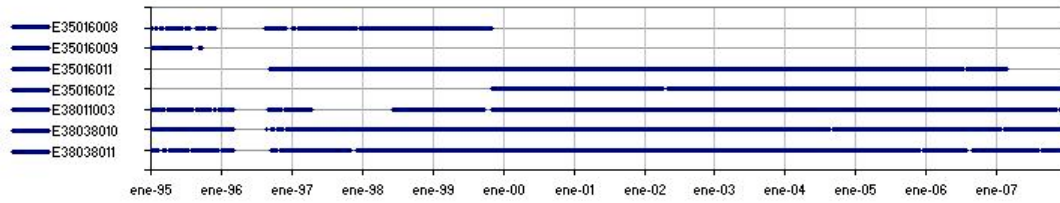
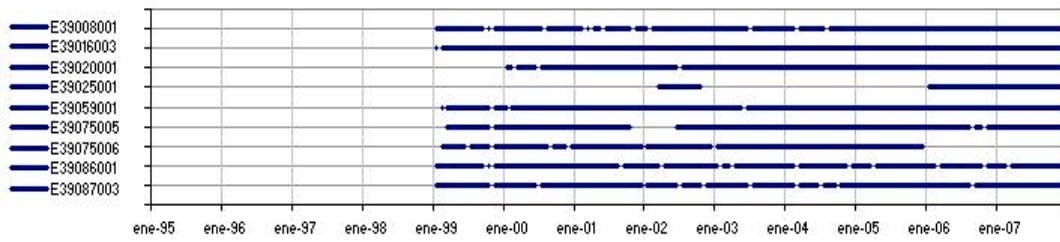


Figura 3.7 (cont.)

ISLAS CANARIAS



CANTABRIA



CASTILLA Y LEÓN

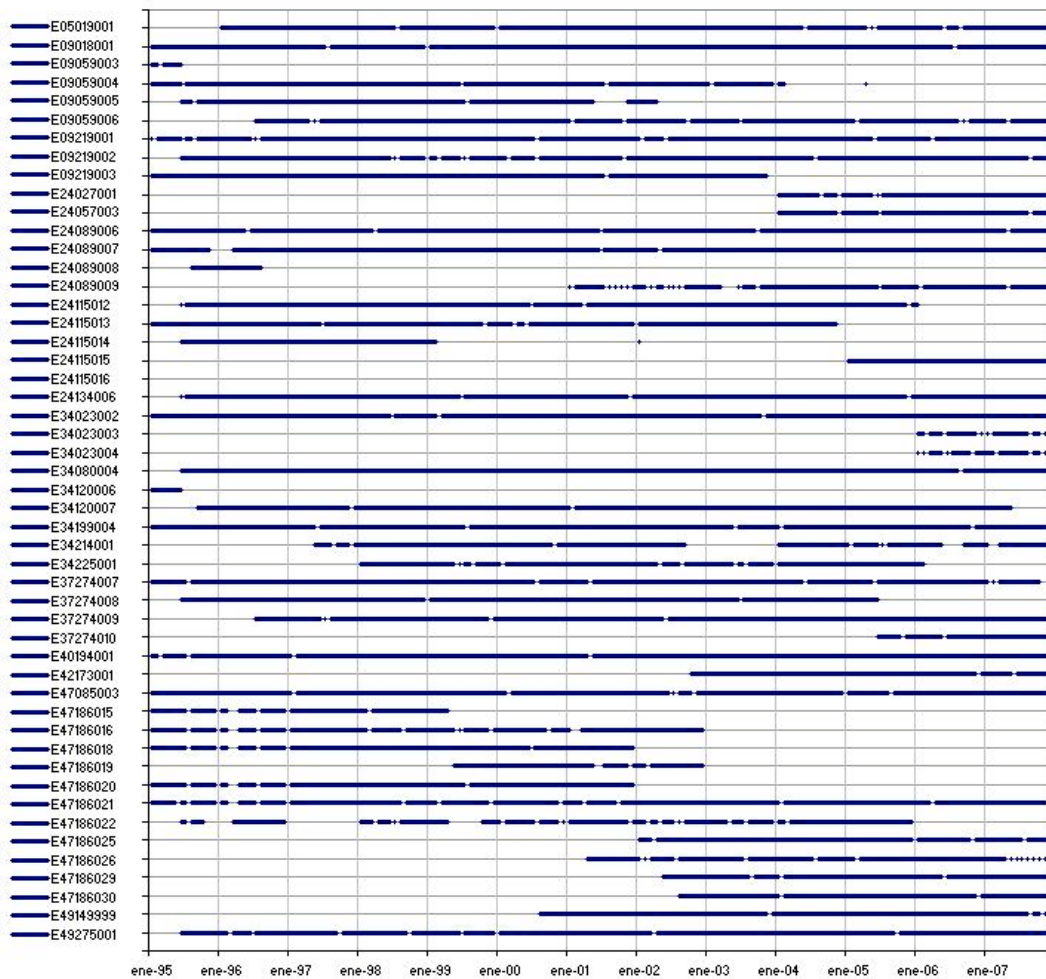


Figura 3.7: (cont.)

CATALUÑA

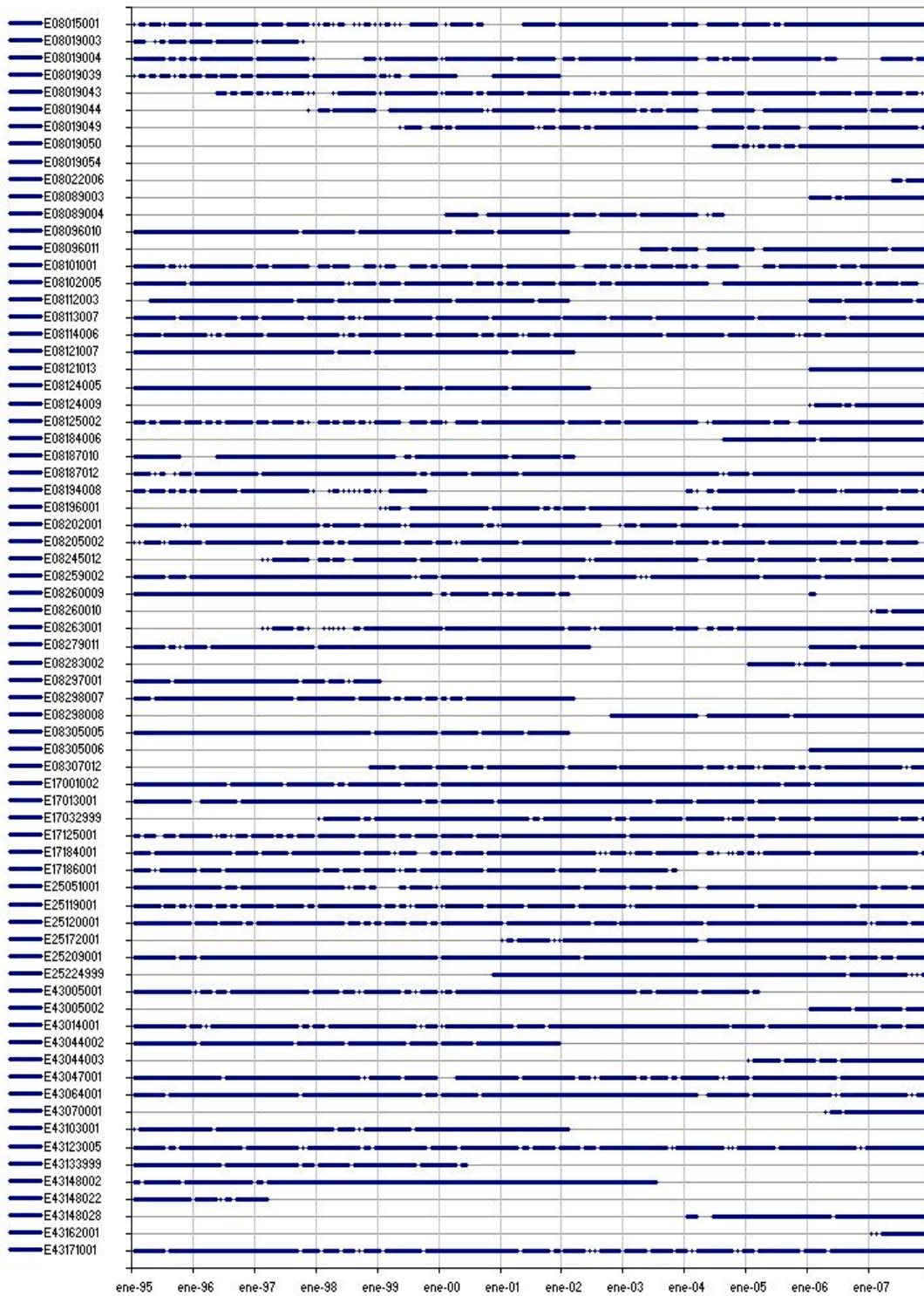
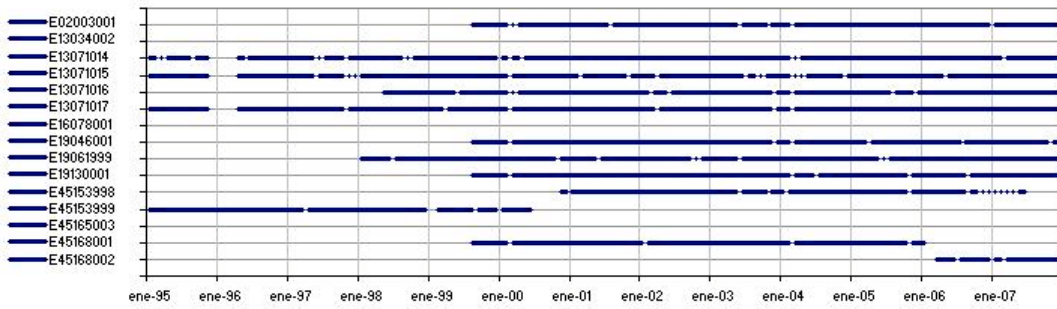


Figura 3.7: (cont.)

CASTILLA LA MANCHA



COMUNIDAD VALENCIANA

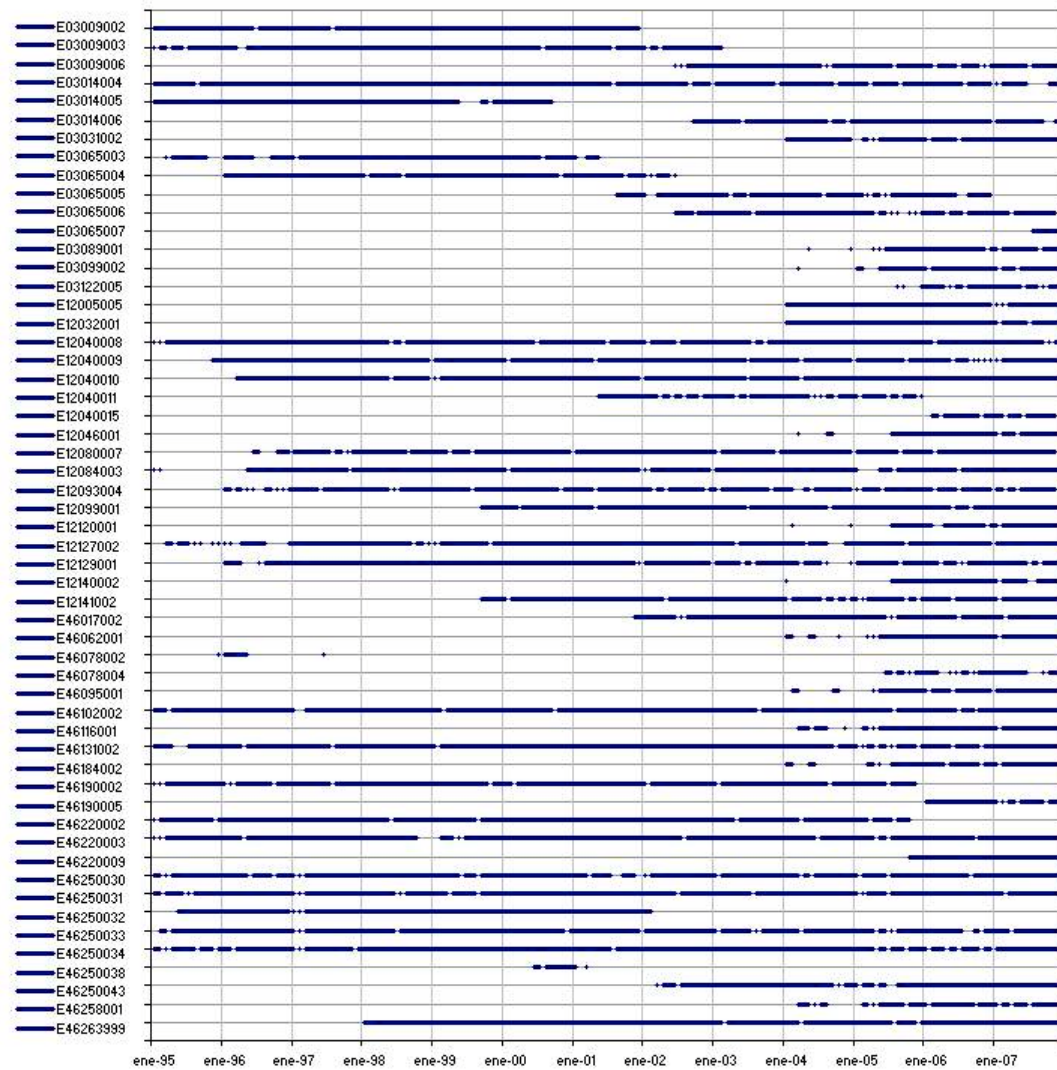
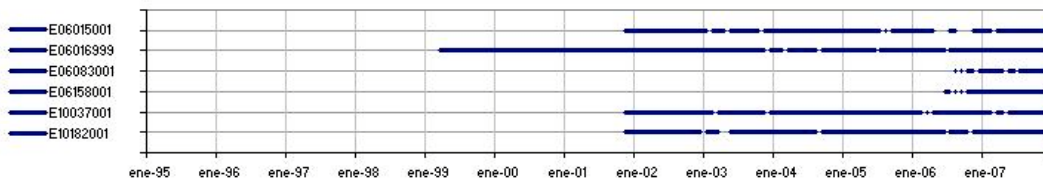
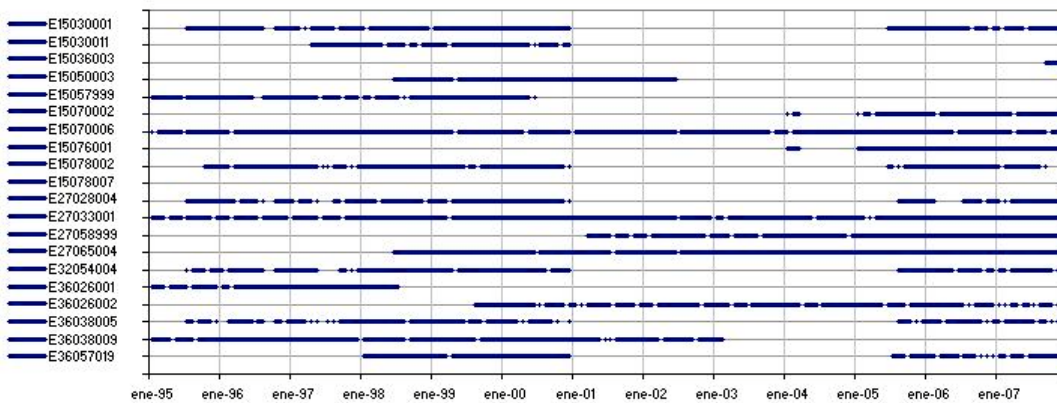


Figura 3.7: (cont.)

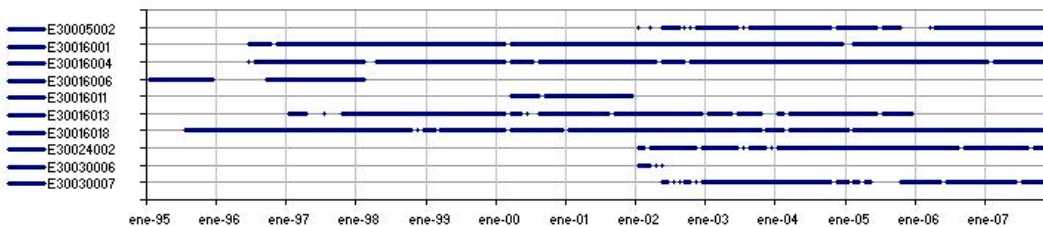
EXTREMADURA



GALICIA



REGIÓN DE MURCIA



LA RIOJA

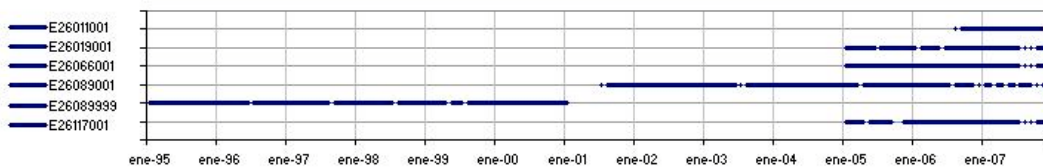
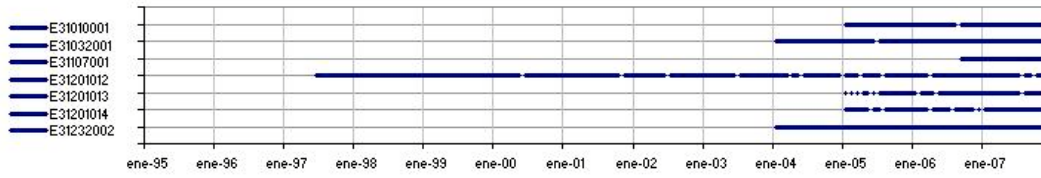


Figura 3.7: (cont.)

COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA



COMUNIDAD DE MADRID

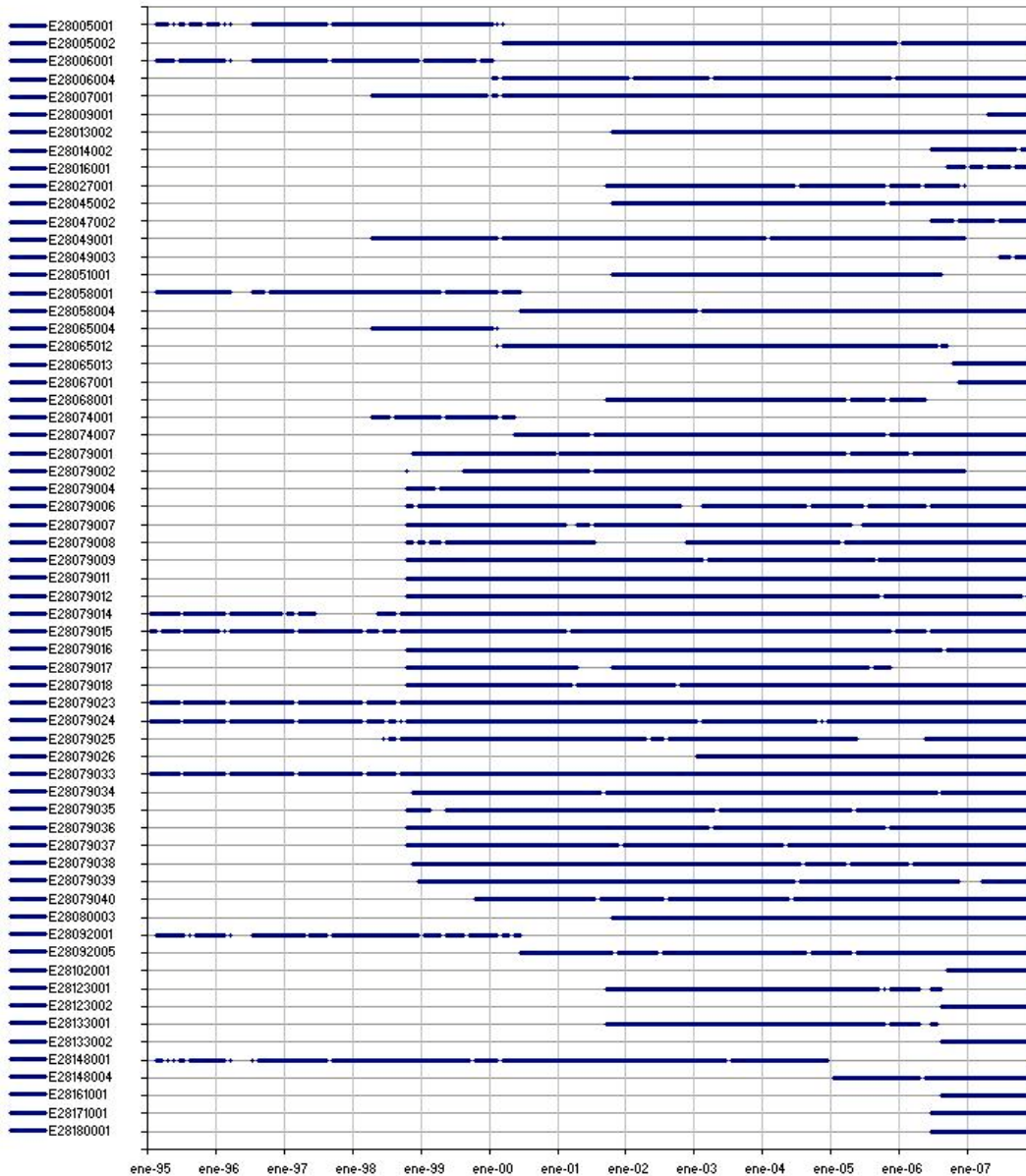


Figura 3.7: (cont.)

PAÍS VASCO

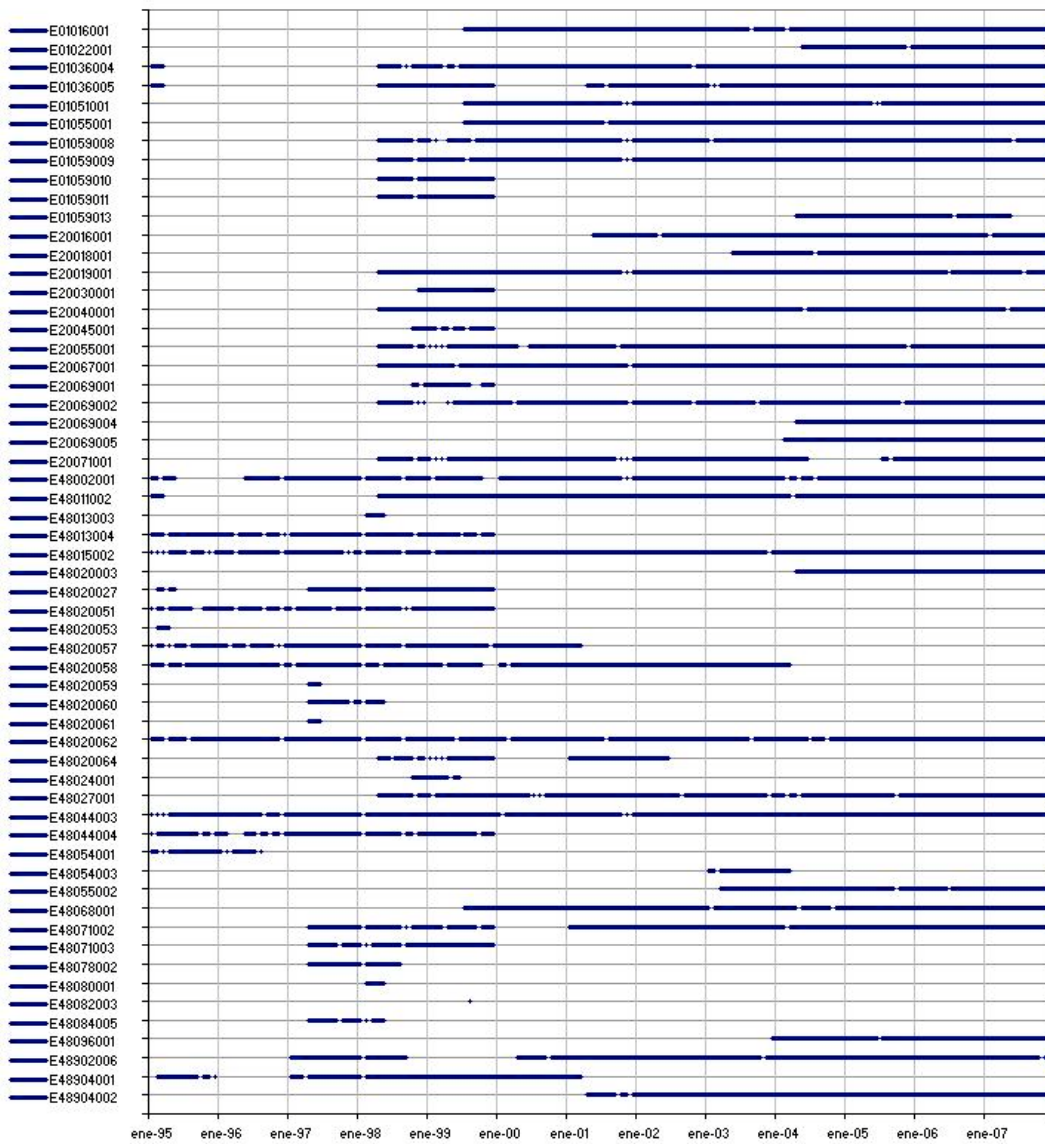


Figura 3.7: (cont.)

3.2.2 Control de calidad de los datos.

Al comienzo del proceso de análisis de las series de datos en los primeros meses de este estudio se planteó la necesidad de una revisión más exhaustiva de la calidad de los datos. Una revisión adicional a la que ya se había hecho en la fase previa de asimilación de datos para depurar los errores más gruesos.

La depuración, consistente en el filtrado de datos de mala calidad, se ha realizado de forma sistemática para cada paquete de datos recibidos (los del periodo 1995-2003 al inicio del contrato, y posteriormente los de los años 2005, 2006 y 2007 recibidos en la segunda mitad del año siguiente en cada caso).

En este filtrado se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través del V Seminario de Calidad del aire en España (Santander, Octubre de 2006), y a través de este mismo estudio con la organización de unas jornadas de trabajo sobre validación y manejo de datos comprometida en la tarea 10 de la segunda fase del contrato (ver Anexo II).

Aunque en general la calidad de las medidas es buena, se ha observado en muchas de las series temporales la presencia de un número significativo de periodos, algunos muy prolongados (más de un año), que no satisfacen los criterios mínimos de calidad, y que de hecho pueden considerarse como medidas no válidas. Pasar por alto estos datos sin una depuración previa no conllevaría necesariamente unos resultados finales cuestionables en su conjunto, pero en casos concretos sí podría traducirse en recomendaciones poco ajustadas a la realidad. Gran parte de la caracterización de la dinámica de contaminantes se basa en el estudio de series de datos promediados (p.ej., ciclos promedio diario, semanal, estacional), a los que se trasladan los comportamientos que sigue el ozono para los procesos más recurrentes. Por ejemplo, el análisis de aspectos tales como la forma de los ciclos, las diferencias entre los perfiles de distintos emplazamientos en diferentes estaciones del año, y diferentes horas del día, o la secuencia temporal de los máximos diarios de estaciones en una cuenca aérea, aporta información muy valiosa, y la presencia de un número significativo de datos erróneos en las series temporales puede llegar a alterar el perfil de estos ciclos, y dificultar o incluso confundir en esta caracterización.

En casos muy puntuales, que afectarían sobre todo a estaciones de tráfico, alguno de estos periodos filtrados podría estar relacionado con situaciones temporales que alteran la pauta de tráfico (p.ej. obras en el entorno de la estación). No estaríamos hablando entonces de medidas erróneas, pero igualmente interesa dejarlas fuera de este análisis, puesto que alteran la dinámica habitual de contaminantes en el emplazamiento. En todo caso estos serían un porcentaje ínfimo de los datos invalidados.

La presencia de datos no válidos no solo afecta a las series de ozono, sino también a las series de variables meteorológicas, cuyo análisis es fundamental en la metodología aplicada, y también al resto de contaminantes. Sin embargo solo se han revisado los datos de ozono, y de velocidad y dirección del viento, pero no del resto de variables. La cantidad de tiempo que esto consumiría lo ha hecho incompatible con el cumplimiento de las tareas comprometidas.

Los gráficos de la figura 3.8, con series de datos en dos resoluciones temporales diferentes (valores diarios en un periodo de 10 años y valores horarios en un periodo de 15 días), se muestran a modo de ejemplo para ilustrar la presencia de datos no válidos en las series.

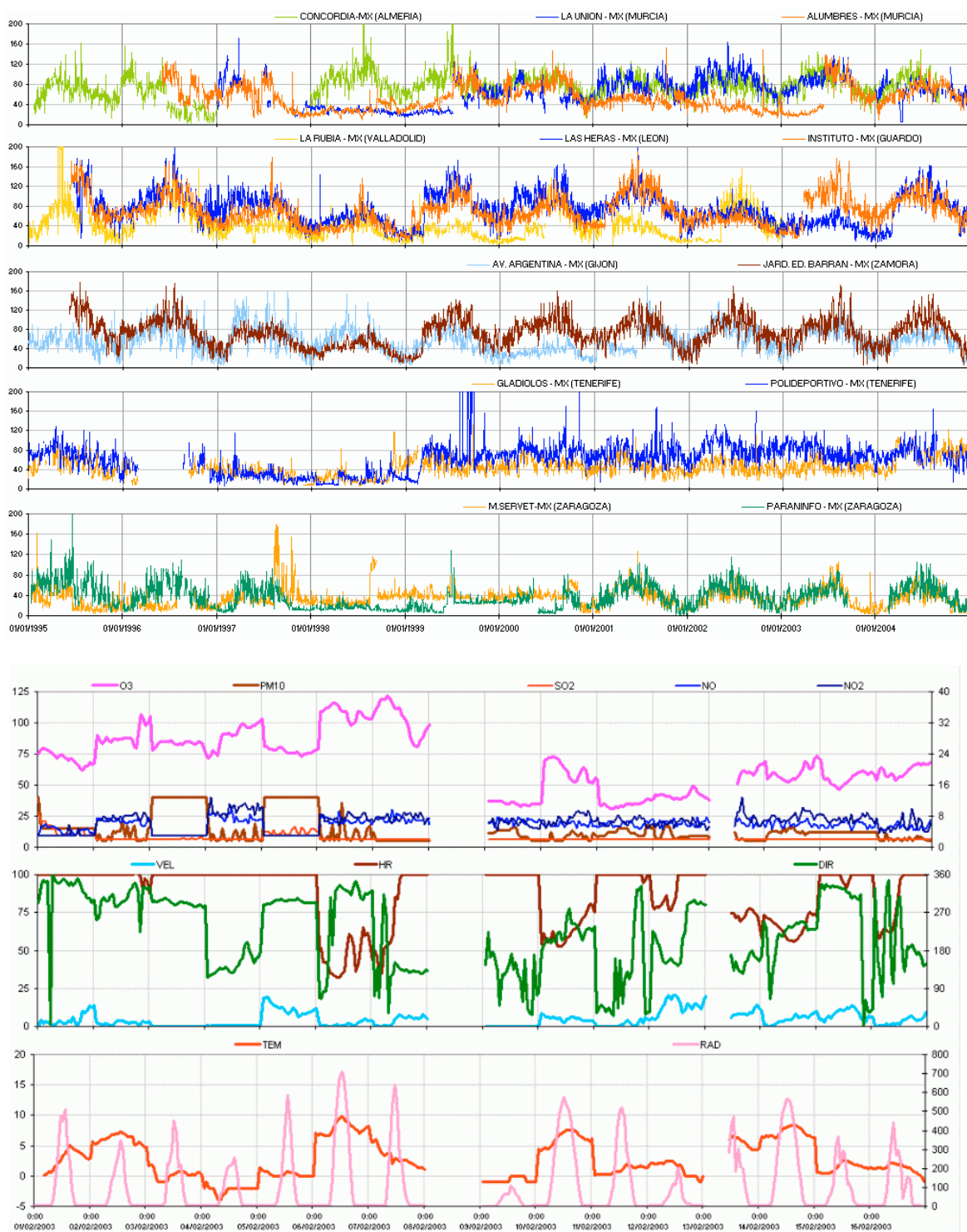


Figura 3.8: (Arriba) Series de máximos octohorarios diarios de varias estaciones. Se observan tendencias negativas que acaban con saltos abruptos a concentraciones sensiblemente mayores. Revelan medidas erróneas por mal estado de los equipos que se resuelven (hay que suponer que por intervención de un técnico) en la fecha en que se observa el salto. (Abajo) Series de promedios horarios. Se observa inestabilidad en todos los equipos de medida con cambios bruscos que afectan simultáneamente a todas las variables registradas (excepto a la radiación).

Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos**, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminar estos datos en distintas fases del análisis. El fichero con el listado de datos anulados (fichero *anulados.xls*) se distribuye en el CD que acompaña a este informe (en cada actualización anual se ha enviado de forma rutinaria en el informe de seguimiento correspondiente). El fichero contiene una tabla de registros, cada uno de los cuales indica la cabina, el periodo y el motivo de la anulación de los datos.

Los problemas más comunes que se han detectado son señales constantes o prácticamente sin variaciones, desplazamientos de la señal (visibles claramente sobre la línea base), y monitores inestables (valores que decaen gradualmente a lo largo de días, semanas e incluso meses, ruido en la señal, o variaciones aleatorias de diferente frecuencia), dando respectivamente niveles sin apenas variabilidad, y valores anormalmente bajos o anormalmente altos, que no responden a causas naturales. De todas estas situaciones la invalidación de medidas anormalmente elevadas es el menos frecuente de los casos.

La mayor parte de los datos invalidados se localizan en el periodo de 1995 a 1998, cuando las redes fueron puestas en marcha y se carecía de la experiencia actual, aunque en los últimos años no han dejado de filtrarse datos. La calidad de los datos en 2007 respecto a los años anteriores ha mejorado sensiblemente en la mayoría de las CCAA. A pesar de ello siguen destacando, con un alto porcentaje de datos filtrados, la red de Canarias (24% de datos anulados), y en menor grado las de Galicia, Aragón, Baleares, y Castilla-León, todas con porcentajes por encima del 5% (Tabla 3.4).

CCAA	Nº Estaciones (O ₃) 1996-2007	% ANULADOS 1996 - 2007	% ANULADOS 2007
Andalucía	72	0.94	2.23
Aragón	26	14.05	9.58
Asturias	22	4.14	1.92
Cantabria	9	7.08	0.00
Castilla - León	50	6.68	5.85
Castilla - La Mancha	15	7.06	4.77
Cataluña	72	1.79	0.03
Comunidad Valenciana	55	0.89	0.88
Extremadura	6	8.81	1.16
Galicia	20	7.88	10.59
Islas Baleares	15	9.37	8.86
Islas Canarias	7	31.67	24.20
La Rioja	6	0.43	0.32
Comunidad de Madrid	63	1.36	0.22
Murcia	10	16.94	4.68
Navarra	7	1.32	2.64
País Vasco	58	0.19	0.02

Tabla 3.4: Porcentaje de datos anulados por el CEAM para este estudio por CCAA en el periodo 1996-2007 y en 2007.

- **Desplazamiento temporal de las series de datos respecto a la hora UTC.**

Otro aspecto relacionado la calidad de la información recibida, en particular con la falta de homogeneidad de la base de datos, es la variedad de bases horarias con que las diferentes

CCAA remiten sus datos al MMA. Si bien la mayoría de ellas lo hacen en base UTC (=GMT), que es la recomendada y la que se supone por defecto, se han detectado series de datos con registros desplazados entre una y tres horas respecto de esta base horaria. Probablemente esto se deba al empleo de otras bases de referencia en los servidores de los Centros de Control de las redes (como CET =UTC+1, u hora local =UTC+2 en verano), y que luego no son corregidas o debidamente informadas en los envíos de los datos al ministerio.

La comprobación se realiza solo sobre los datos del periodo Abril-Septiembre. Se detectan sobre el ciclo diario promedio de ozono, y se confirman, cuando es posible, sobre los mismos ciclos de radiación, o en su defecto de NOx y CO en cabinas urbanas. Los máximos y mínimos de estas variables se dan habitualmente a horas fijas, y cualquier desplazamiento en la base de tiempos se traslada a estos ciclos promedio (ej. mediodía solar, hora punta de tráfico urbano). El método no es infalible, y la presencia de un desplazamiento puede ser dudosa cuando no se dispone de registros de radiación solar, o de NO y CO en entornos urbanos. Donde estos desplazamientos no ofrecían dudas se han corregido para el análisis de las series de datos. Y en algún caso dudoso, ante la imposibilidad de confirmar esta situación, se ha dejado la serie sin modificar.

Esta ha sido un problema recurrente en cada actualización anual de la BD, que puede tener incidencia en el cálculo de las superaciones de los valores legales de referencia, especialmente en el cálculo de la AOT40. Por ello la comprobación de posibles desplazamientos se ha realizado de forma rutinaria en cada ocasión. En general el desplazamiento horario es diferente según los años. En 2007 las series de datos afectadas por un desplazamiento en las hora son las siguientes:

- +3 h: en las cabinas de Galicia (excepto Ferrol con +2) ,
- +2 h: en las cabinas de la central de Compostilla (León), en Altsasu (Navarra)
- +1 h: en las cabinas del Bajo Aragón, en las cabinas *Cementos Portland 1 y 2* (Palencia), *Barrio Palomera* (León), en *Arrubal, Galilea y Pradejón* (La Rioja), y en *Albufera, Alcudia1 y Sa Vinyeta* (Mallorca).
- 1 h: en la cabina *Ciutadella* en Menorca

Igual que en el caso de los datos anulados se han remitido en cada ocasión junto con el informe de seguimiento correspondiente y se remite también junto a este informe el fichero actualizado con el listado de desplazamientos (fichero *desplaza.xls*)

Tanto la presencia de datos no válidos como el desplazamiento de la referencia horaria dificultan, de no ser corregidos o subsanados, el análisis de la información. Pero además pueden tener un **efecto importante sobre los resultados de la evaluación** de la calidad del aire en circunstancias especialmente adversas. Por ejemplo se ha comprobado que en cabinas del Bajo Aragón (Monagrega, Ginebrosa, Mas de la Matas) el valor recalculado de la AOT40 corrigiendo el desplazamiento sospechado (no confirmado) de 1-2 horas sitúa a este valor, inicialmente por debajo de 18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, en valores que lo superan (sin consecuencias sobre la evaluación ya que la estación de Cerollera rebasa en cualquier caso el valor objetivo).

Por último, junto a los ficheros de datos se recibieron también ficheros con la meta-información asociada a la base de datos (códigos, nombres y tipo de estación, coordenadas, etc.). En estos ficheros se han detectado algunas **desviaciones importantes en las coordenadas**, que han sido corregidas, cuando ha sido posible, contrastando los datos con otras fuentes de información disponibles (webs oficiales en la mayoría de los casos). Pero existen dudas aún sobre la posición de algunas estaciones. Especialmente de estaciones urbanas y suburbanas, cuyas coordenadas en ocasiones no corresponden al tipo asignado al observar las fotografías aéreas que proporciona el software Google Earth. En esos casos es difícil determinar si se trata de un error en las coordenadas o en la asignación del tipo de estación.

La falta de homogeneidad en el uso de la base horaria o los errores en la posición de las cabinas son incidencias en el procesado o intercambio de la información que tienen fácil solución. Pero la presencia, inevitable en mínimas cantidades, de un número significativo de datos erróneos en las series temporales exige, como ya se ha dicho, una constante atención en las labores de mantenimiento, y la validación posterior de los datos por parte de personal experto. La labor de validación sigue siendo por tanto un aspecto a mejorar en la gestión de la calidad del aire, por su incidencia en la evaluación de la calidad del aire, y porque los requisitos de calidad y cobertura mínima establecidos en la legislación así lo exigen.

Por otro lado, esta situación afecta a otras redes de calidad del aire en Europa, y se recoge entre las conclusiones del reciente informe de la Agencia Europea de Medioambiente (Solberg S., et al. 2009), sobre tendencias a largo plazo del ozono troposférico en Europa. En dicho informe se alerta entre otras cosas de la importancia de disponer de datos de calidad para el estudio de las estas tendencias.

4. Evaluación de la calidad del aire en España relativa al ozono troposférico.

Antes de abordar la optimización de las herramientas de evaluación es importante analizar los resultados de la evaluación que proporcionan las redes y la zonificación con sus configuraciones actuales. Hay que señalar en este punto que la optimización de la herramienta no ha de suponer necesariamente la mejora de los resultados del diagnóstico. Como se ha dicho uno de los aspectos a mejorar es la cobertura de las redes en áreas rurales, y es en estas zonas donde habitualmente son más elevados los niveles de ozono. La mejoría de los resultados de la evaluación vendrá más bien de las medidas que se implementen para reducir las emisiones de los precursores de ozono. Y la optimización de las herramientas de evaluación servirá en todo caso para disponer de un mejor conocimiento de la situación real, que permitirá entre otras cosas una mejor planificación de las estrategias de reducción.

4.1. Evaluación de la calidad del aire relativa al ozono.

La evaluación de la calidad del aire relativa al ozono en España, en los términos que establece la legislación ha dado resultados anuales que no han variado significativamente en los últimos años (ver evaluación anual entre 2004 y 2007 en los informes previos correspondientes). El motivo es, como se verá en el siguiente capítulo, que las series históricas no muestran tendencias significativas en los niveles de ozono. Por otro lado, hay que tener en cuenta que aunque la evaluación se realiza anualmente, los resultados se obtienen como cálculos de promedios de 3 y 5 años (3 en el caso de superaciones del valor objetivo de protección a la salud humana, y 5 en el caso de superaciones del valor objetivo de protección a la vegetación).

La figura 4.1 muestra sendos mapas con la clasificación de las zonas en función de las superaciones de los valores objetivo y objetivos a largo plazo de protección a la salud y a la vegetación. Las zonas en rojo superan el valor objetivo, y en ellas se requiere aplicar los programas contemplados en la directiva 2001/81/CE y *"si procede un plan de calidad del aire con el fin de respetar esos valores objetivo, salvo cuando no pueda conseguirse mediante medidas que no conlleven costes desproporcionados"*. Las zonas en naranja superan el objetivo a largo plazo pero no el valor objetivo, y en ellas se requiere la *"elaboración y aplicación de medidas eficaces en relación con su coste destinadas a la consecución de los objetivos a largo plazo"*. Y las zonas en azul no superan los valores objetivo ni los objetivos a largo plazo, en ellas *"los estados miembros deberán mantener, en la medida que lo permitan factores como la contaminación transfronteriza y las condiciones meteorológicas, esos niveles por debajo del objetivo a largo plazo"*.

Este último resultado (zonas azules) sería discutible en las tres zonas del País Vasco implicadas, la zona media de Navarra, y la zona Asturias central. En todas ellas la influencia de emisiones en el entorno cercano a las estaciones de medida limita seriamente su área de representatividad. Por ejemplo, en el caso de la *Zona Media* de Navarra los datos disponibles de la campaña de verano entre Junio y Septiembre de 2008 en Puente la Reina muestran niveles sensiblemente superiores, por encima del objetivo a largo plazo, a los registrados por la cabina *Altsasu* (ver resultados en los apartados correspondientes a Asturias, Cantabria y País Vasco en Capítulo 7).

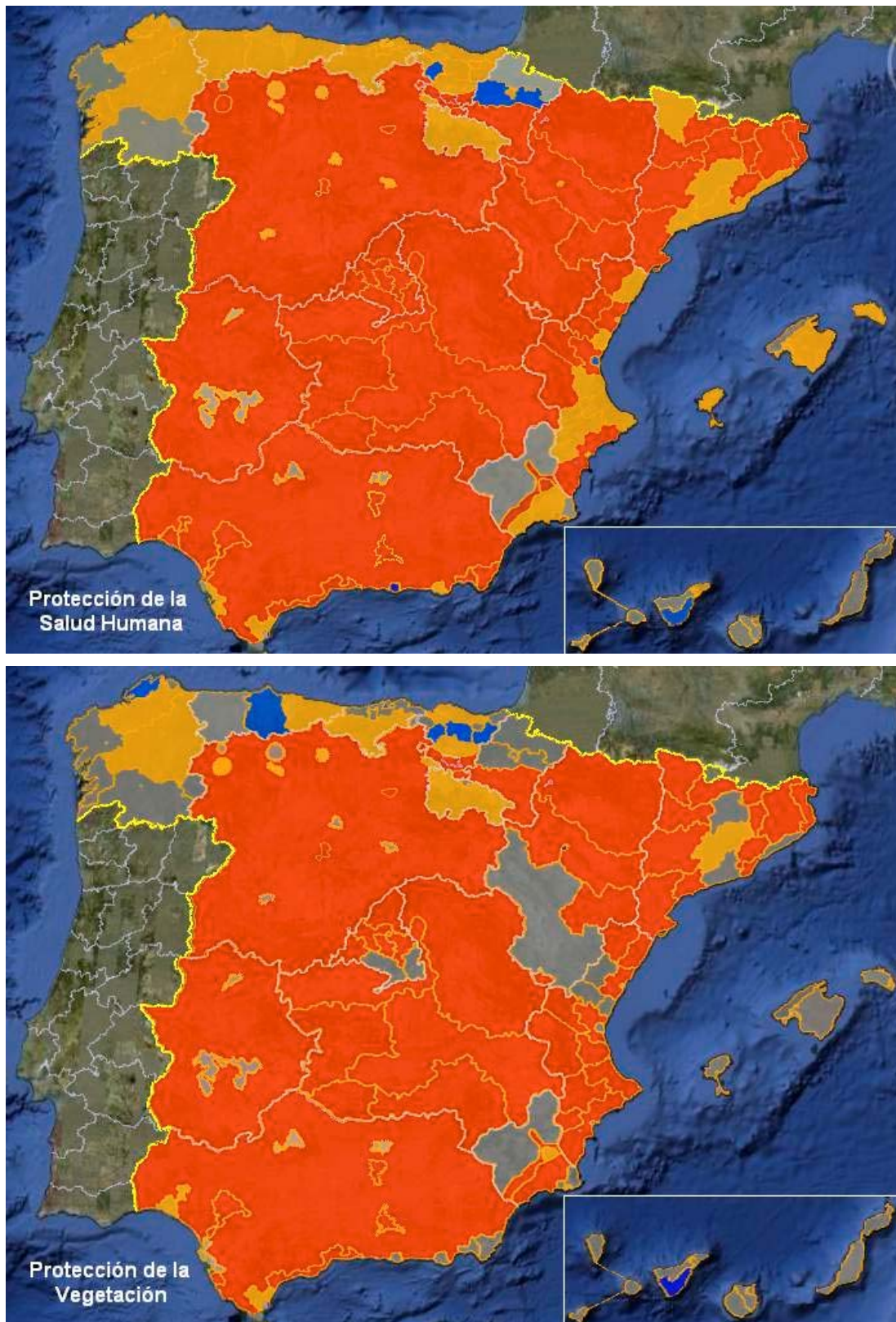


Figura 4.1: Resultados de la evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono troposférico en 2007. Arriba la situación respecto de la protección de la salud humana, y abajo respecto de la protección de la vegetación. **Leyenda:** Rojo: zonas que superan el valor objetivo; Naranja: zonas entre el objetivo a largo plazo y el valor objetivo; azul: zonas que no superan el valor objetivo a largo plazo. Las zonas en gris no se pueden evaluar por falta de estaciones de medida o por carecer de datos suficientes para ello (ver extracto del anexo 7 de la directiva 2008/50/CE).

Las zonas que aparecen en gris se encuentran en alguna de la siguientes situaciones:

- no disponen de estaciones de medida de ozono (zonas Norte y Mar Menor de Murcia, Montaña de Navarra, Puente Nuevo y Bailen en Andalucía, Fisterra-Santiago, Limia-Miño, A Mariña y Valdeorras en Galicia, Anllares en Castilla-León, Sierra Tramuntana en Baleares, Gomera-Palma-Hierro, Fuerteventura-Lanzarote, Norte Tenerife, y Centro y Sudoeste de Gran Canaria en las Canarias),
- solo disponen de estaciones urbanas en zonas de tipo no aglomeración, de manera que no se puede realizar la evaluación en relación con la protección de la vegetación (zonas Cordillera Ibérica en Aragón, Comarca de Pamplona, Cantabria litoral, Asturias Occidental, Sta. Cruz de Tenerife-La Laguna en Canarias, Maresme en Cataluña),
- la estación-es disponible-s no proporcionan la mínima cobertura temporal exigida (Mijares-Peñagolosa, y Palancia-Javalambe en la Com. Valenciana, Alt Llobregat y Penedes-Garraf en Cataluña, Urbana Sur y Cuenca de Tajuña en la Com. Madrid, zona Núcleos de Población de más de 20.000 hab. en Extremadura)

4.2. Distribución geográfica de superaciones de valores legales de referencia.

El mapa de la figura 4.2 muestra que los valores de referencia establecidos en la legislación para el ozono se superan en emplazamientos de medida distribuidos por la mayor parte del territorio. El gráfico se ha generado a partir de los datos de 2007, pero el patrón no ha variado significativamente respecto a años anteriores (no son promedios de los 3 y 5 años anteriores, y por tanto no corresponden estrictamente a superaciones de valores objetivo). En general, dentro de la península se aprecia un gradiente creciente en el número de superaciones de Noroeste a Sureste, correspondiente al tránsito de condiciones atlánticas a condiciones mediterráneas. Los mayores niveles se siguen registrando en el centro peninsular y en el arco mediterráneo, y los menores en la costa cantábrica y Canarias. Destacan sobre todo: las áreas de influencia de Madrid, hacia el Noreste; de Sevilla, el entorno próximo de la ciudad (a sotavento- NE- no se dispone de puntos de medida); y de Barcelona, hacia el norte llegando hasta Pirineos a través de la Plana de Vic. En el caso de Sevilla esto afecta incluso a los emplazamientos urbanos de la ciudad. A ello contribuye la especial configuración que se da en la parte baja del Guadalquivir, donde Sevilla se sitúa a sotavento de las emisiones industriales ricas en COVs del área de Huelva.

Estos resultados están en alguna medida condicionados o sesgados por la propia distribución de cabinas, y por problemas de cobertura temporal en algunas estaciones, pero ilustran un patrón general válido.

En el apartado del Capítulo siguiente se analizan los patrones temporales de estas superaciones sobre periodos largos. En general las superaciones del valor objetivo a largo plazo ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio octohorario) ocurren con mayor frecuencia en entornos rurales, y anualmente responden a una distribución normal centrada en Junio-Julio. Los episodios agudos, tomando como referencia las superaciones del Umbral de Información a la población, $180\mu\text{g}/\text{m}^3$, siguen también una distribución normal centrada en Julio, y ocurren preferentemente en puntos a sotavento de las grandes capitales.

Con mucha frecuencia estos episodios suelen ocurrir al final de periodos de acumulación o recarga en que las concentraciones crecen gradualmente durante varios días. El descenso en los fines de semana de las emisiones del tráfico ayuda a “aliviar” estas situaciones. Este patrón de comportamiento se traduce en una distribución semanal de superaciones característica.

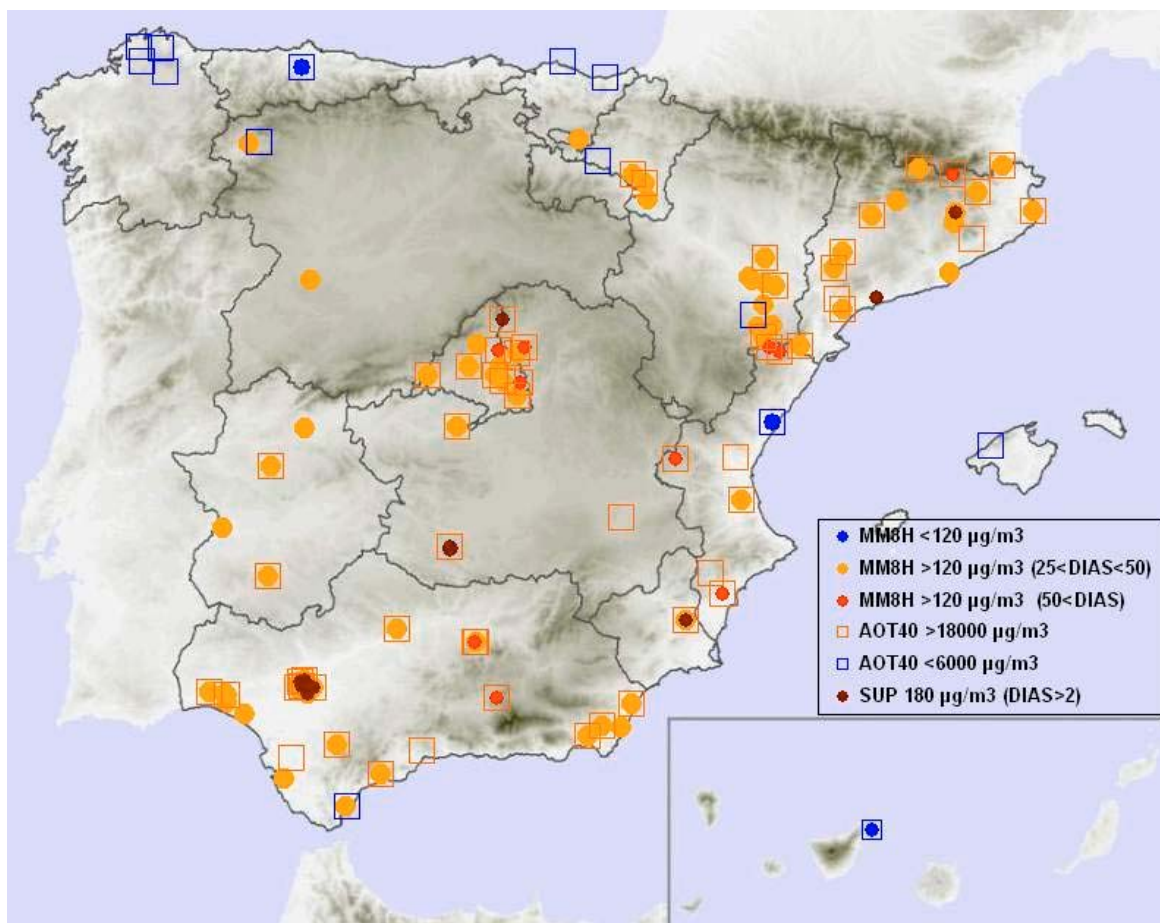


Figura 4.2: Superaciones del VO de protección a la salud (círculos naranja y rojo señalando diferentes intervalos en el número de superaciones), del VO de protección a la vegetación (cuadrados naranja), y superaciones del Umbral de Información a la Población (círculos marrones). Estaciones rurales donde no se han registrado superaciones del valor objetivo de protección a la salud (círculos azules), y de protección a la vegetación (cuadrados azules). Solo considerando datos de 2007.

Las figuras 5.9 y 5.15 en el siguiente capítulo muestran los patrones temporales diario, semanal y estacional de las superaciones del Umbral de Información a la Población, representativos de las situaciones episódicas de ozono.

Y al final de cada uno de los apartados del Capítulo 8, dedicado al diagnóstico de las redes de cada CCAA, se incluyen los gráficos el número de superaciones de los valores objetivo de protección a la salud humana (periodo 1999-2007) y de protección a la vegetación (periodo 2001-2007) para todas las cabinas de las 17 redes de calidad del aire en España.

5. Dinámica del ozono en España. Patrones espacio-temporales.

El análisis e interpretación de los datos de calidad del aire requiere el conocimiento de los factores que determinan el comportamiento de las concentraciones de contaminantes, y también la disponibilidad de herramientas adecuadas para la representación de las series de datos, de manera que las relaciones causa-efecto que conectan estos procesos con la evolución de los niveles de concentración registrados puedan ser identificadas.

En este Capítulo se abordan ambos aspectos, tratando de explicar por un lado cuales son estos factores y como se manifiestan sobre las series de datos, y por otro lado se muestran ejemplos gráficos que ilustran dicha conexión entre procesos y concentraciones.

5.1. Revisión general de los factores que dirigen la dinámica del ozono.

En general las concentraciones de contaminantes en un punto de la superficie responden en cada momento al balance entre diferentes **procesos** de aporte y eliminación o destrucción.

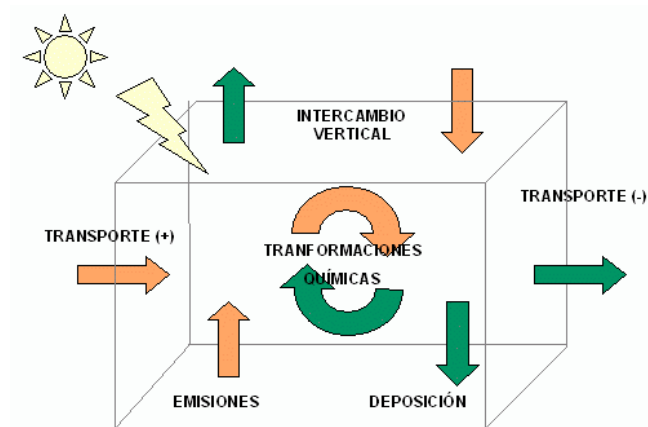


Figura 5.1: Factores que determinan las concentraciones de contaminantes sobre la superficie.

Entre los procesos de **aporte** se cuentan:

- 1) Las emisiones primarias desde fuentes tanto naturales como antropogénicas (no en el caso del ozono que es de carácter secundario, no directamente emitido a la atmósfera)
- 2) La formación "in situ" de compuestos secundarios. En el caso del ozono como resultado de transformaciones fotoquímicas de los precursores emitidos desde fuentes naturales (Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs) y antropogénicas (óxidos de nitrógeno, NOx, y COVs). Estas reacciones son activadas por la radiación solar y en consecuencia siguen ciclos diario y estacional característicos (mayor actividad fotoquímica en las horas centrales del día, y los meses centrales del año)
- 3) El aporte de contaminantes desde las parcelas vecinas a causa del transporte que ejercen los movimientos de aire, tanto en la dimensión horizontal como en la vertical (ej., fumigación desde capas altas). Esta componente es más relevante cuanto mayor es el tiempo de residencia de una especie química en la atmósfera.

En cuanto a los procesos de **eliminación o destrucción** los más importantes son:

- 1) Las reacciones químicas entre los compuestos presentes en la atmósfera, en el caso del ozono reacciones de oxidación donde este actúa como compuesto oxidante.

- 2) Los procesos de deposición sobre el terreno, y
- 3) El transporte de contaminantes fuera de la parcela de aire a causa de los movimientos atmosféricos, tanto en la dimensión horizontal (advección), como en la vertical (turbulencia mecánica y/o convectiva, e inyección/transporte vertical por interacción entre masas aéreas o por forzamiento orográfico).

Además de todo ello las concentraciones pueden variar como respuesta a cambios en la profundidad de la capa de mezcla (la capa de la atmósfera en contacto con la superficie donde la turbulencia térmica y mecánica inducida por este contacto mantiene la composición del aire relativamente homogénea). La reducción de esta altura de la capa de mezcla, como ocurre bajo situaciones de inversión térmica, puede incrementar significativamente las concentraciones al reducir el volumen de mezcla.

• Química del ozono

La química del ozono es altamente compleja por la cantidad de precursores que intervienen, con variedad de compuestos de la familia de los VOCs de origen tanto natural como antropogénico. Además es una química no lineal, dependiendo de cual sea la razón COVs/NOx una reducción de NOx puede dar lugar a un aumento o a una disminución de Ozono, e igualmente ocurre con los COVs (Sillman S., 1999). El diagrama de isolneas de producción neta de ozono de la figura 5.2 muestra este comportamiento. En este diagrama se distinguen dos zonas: COVs-limitada, o sensible a COVs, y NOx-limitada, o sensible a NOx. En la primera se comprueba que cambios en las concentraciones de NOx no provocan cambios importantes en la producción neta de ozono, pero sí en cambio lo hacen los cambios en los COVs. En la zona NOx-limitada ocurre justamente al contrario. Por lo general las áreas cercanas a las fuentes de emisión son COVs-limitadas y las más alejadas son NOx-limitadas.

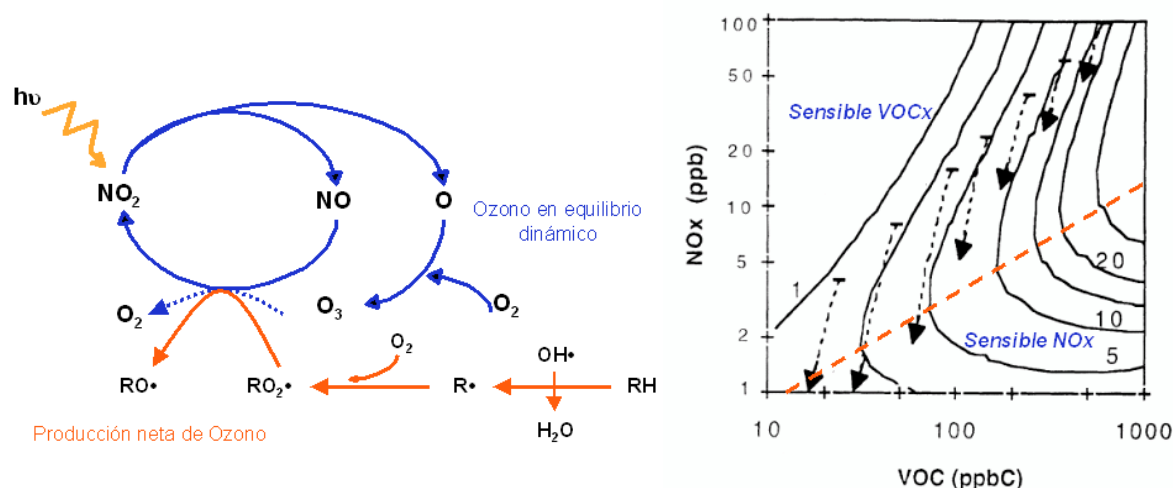


Figura 5.2: (Izda) Esquema básico de la química del ozono (Atkinson, 2000, Seinfeld & Pandis, 1998). En ausencia de COVs el ozono se mantiene en equilibrio dinámico con los NOx sin que haya producción neta. En presencia de COVs, los radicales libres que se producen en las cadenas de degradación de estos desplazan al ozono en la oxidación del NO, y como resultado hay una producción neta de ozono. (Dcha) Isopletas de la tasa de producción de ozono (ppb/h) para un día típico de verano con cielo despejado (Sillman, 1999). En la zona sensible a NOx (ej. áreas rurales alejadas de las fuentes de emisión) el incremento/reducción en las emisiones de NOx aumenta/reduce la producción de ozono, y en la zona sensible a COVs (ej. áreas urbanas) ocurre al contrario.

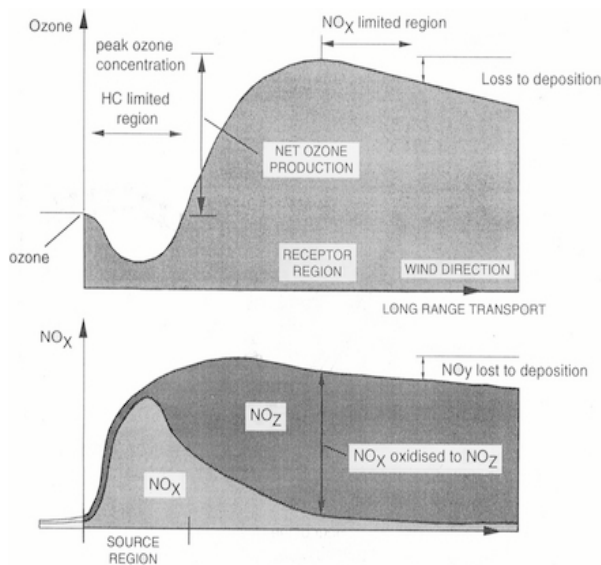


Figura 5.3: Relación entre producción neta de ozono y NOx oxidado ($\text{NOz} = \text{NO}_3 +$ partículas de nitratos), a sotavento de las emisiones (extraído de Derwent & Davies, 1994).

De esta manera en el transporte de una pluma urbana (figura 5.3) se pasa en algún momento de un régimen COVs-limitado a uno NO_x -limitado. Los máximos de ozono ocurren en ese tránsito, y corresponden a puntos geográfica y químicamente intermedios entre la zona urbana COVs-limitada y la zona rural a sotavento NO_x -limitada (Derwent & Davies, 1994). En general, se considera que la cantidad de NO_x emitida en un área urbana determina la cantidad de ozono formada a sotavento una vez que la fotoquímica se ha completado, mientras que la cantidad de COVs determina la tasa o ritmo inicial de formación de ozono.

• Procesos de transporte y dispersión.

Los procesos de transporte y dispersión de contaminantes (y las reacciones químicas que tienen lugar durante dichos procesos en el seno de la masa aérea) ocurren en todas las **escalas**, desde la microescala a la escala general o sinóptica, pasando por la escala local y la mesoescala o escala regional, y todos ellos se superponen en cada punto de la superficie, predominando unos sobre otros, dependiendo de la época del año, las condiciones atmosféricas dominantes y la posición geográfica del punto considerado.

La posición geográfica implica unos condicionantes climáticos, meteorológicos y orográficos que influyen decisivamente sobre la forma en que se manifiestan los anteriores procesos, e implica también una posición relativa respecto a las fuentes de emisión que determinan las condiciones iniciales (p.ej. si se trata de un punto situado en un entorno de emisiones o fuera de estas, y en este caso, si se encuentra o no a sotavento de ellas, y a que distancia, implica también situaciones diferentes). La **orografía** juega un papel decisivo en todo ello influyendo o incluso dirigiendo los procesos de transporte y dispersión (canalización de las circulaciones, efecto barrera, inyecciones orográficas, definición de líneas de convergencia entre diferentes masas aéreas...).

La influencia de la orografía es especialmente evidente en regiones como el sur de Europa en los meses centrales del año, cuando se registran los mayores niveles de ozono. En la **Península Ibérica** durante estos meses predominan condiciones anticiclónicas con escaso gradiente sinóptico, y entran en juego las **circulaciones de mesoescala** originadas por gradientes de temperatura causados por cambios en el terreno (tierra-mar, calentamiento desigual de las laderas montañosas según su orientación, etc.). Estos gradientes dan lugar a desarrollo de brisas en las costas y vientos orográficos, que con frecuencia se acoplan y se refuerzan. A menudo estas circulaciones son potenciadas además por el desarrollo de la **Baja Térmica Ibérica** en el centro de la península. El resultado de todo ello es un conjunto de circulaciones que se auto-organizan y consolidan cada día, con líneas de convergencia ligadas a la orografía, que delimitan cuencas aéreas diferenciadas y rutas de

transporte habitual de la masa aérea desde las áreas de emisión. Estas circulaciones tienen además continuidad vertical formando “celdas recirculatorias” con ascensiones en las líneas de convergencia, y descensos propiciados por la subsidencia compensatoria (reforzada por la subsidencia anticiclónica) sobre áreas intermedias (ver simulación numérica de un caso de estudio en el Capítulo 6).

Cuando las condiciones anticiclónicas perduran durante varios días es habitual que bajo esta dinámica la masa aérea se recargue gradualmente de ozono, y se registren niveles progresivamente más elevados (la masa aérea “guarda memoria” de un día para el siguiente). Estas situaciones finalizan generalmente con el paso de un sistema frontal que limpia la atmósfera, o la entrada de una masa aérea con diferentes propiedades físico-químicas (ver ejemplo de la figura 5.20 más adelante).

Las principales características de estos periodos de recarga, documentados con datos de la red de calidad del aire de la comunidad Valenciana (Diéguez J.J *et al* 2004), son las siguientes: i) los episodios ocurren en primavera y verano bajo condiciones anticiclónicas con estabilidad atmosférica y predominio de los procesos de mesoescala, y hay un aumento gradual en las concentraciones a lo largo de varios días consecutivos en los que estas condiciones atmosféricas se mantienen, ii) los periodos de recarga equivalen a un 30% de los días entre Abril y Septiembre, duran entre 3 y 8 días (entre 4 y 5 como promedio), y se registran tanto en las cabinas costeras como en las del interior, iii) cuando se supera el Umbral de Información a la Población ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) raramente se sobrepasa en más de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y esto no dura más de 2 o 3 horas. En los emplazamientos costeros los máximos ocurren a partir de las 14 h y en los del interior 1 o 2 horas después, debido al retraso asociado al transporte por la brisa para cubrir esa distancia.



Figura 5.4: (arriba) Evolución interanual y estacional del número de días incluidos en periodos de recarga. (Abajo) Evolución interanual y estacional del n° de periodos de recarga (eje izquierdo), su duración promedio en días, y el n° de superaciones de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, entre Abril y Septiembre (en eje derecho)

Estos periodos están asociados a fenómenos de recirculación de la masa aérea dentro de un circuito que comienza a primera hora de la mañana con el transporte de las emisiones costeras hacia el interior dentro de las circulaciones de brisa. El modelo conceptual de esta dinámica se muestra en la figura de abajo (el documento "El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos", que acompaña a este informe explica con detalle todos estos aspectos de la dinámica del ozono)

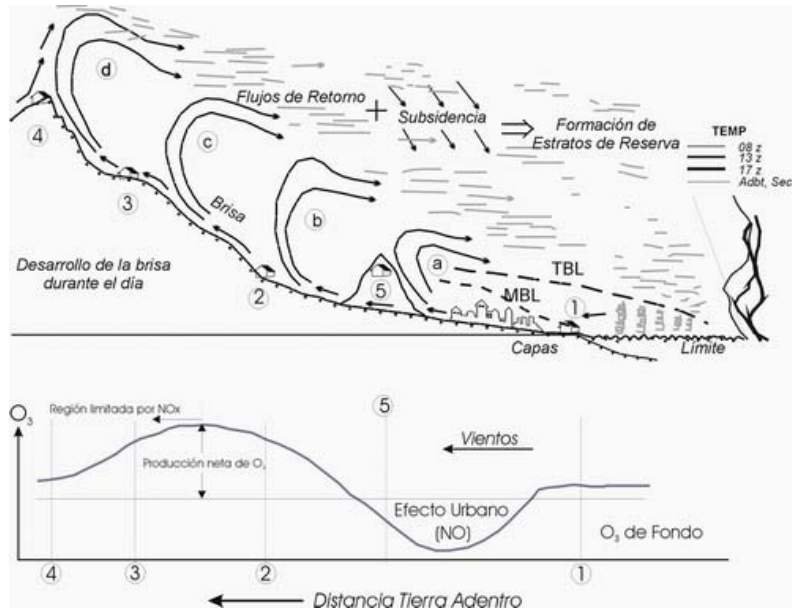


Figura 5.5: Escenario típico de transporte de las emisiones costeras en la vertiente mediterránea. La numeración 1-5 corresponde a cinco posiciones dentro de la cuenca aérea para las cuales se han caracterizado 5 ciclos de ozono (Millán et al., 2000).

En el camino, el frente de brisa eleva porciones de contaminantes que viajan con la masa aérea transportada, dentro de la cual las reacciones químicas van transformando las emisiones originales en otros productos secundarios. A lo largo del trayecto la circulación de brisa se refuerza progresivamente al acoplarse con los vientos de ladera, y al alcanzar las cadenas montañosas paralelas a la costa el ascenso sobre estas se ve reforzado hacia arriba (este proceso se denomina "inyección orográfica"), dando lugar a la formación de estratos de contaminantes a mayor altura. Una vez desacoplados de la circulación en superficie todos estos estratos viajan con la circulación de retorno de nuevo en dirección hacia el mar, donde descienden forzados por la subsidencia compensatoria. El resultado es una colección de estratos de reserva "apilados" y disponibles para entrar con la brisa a la mañana siguiente, sumándose a las emisiones recientes y repitiendo de nuevo el ciclo anterior. Durante la noche, el aire en contacto con la superficie se enfría dando lugar a un flujo de drenaje que desciende por las laderas hacia las zonas más bajas siguiendo los canales naturales, y se une en la costa con las brisas nocturnas o de tierra, que circulan ahora en dirección hacia el mar. En estas horas en que cesa la producción fotoquímica la altitud marca diferencias en los niveles de ozono, con concentraciones progresivamente más reducidas a lo largo del recorrido a causa del contacto con el terreno y con emisiones residuales que consumen el ozono, mientras que en puntos elevados, fuera de esa influencia y en muchos casos en contacto con los estratos en altura, los niveles se mantienen similares o ligeramente inferiores a los registrados durante el día.

Existen también otras áreas de la geografía española en los que se dan condiciones especialmente adversas para la dispersión de contaminantes, como ciertas áreas de interior con condiciones geográficas y orográficas que favorecen el estancamiento y los fenómenos

de inversión térmica, y donde la presencia de focos importantes de emisión puede dar lugar a concentraciones elevadas sin necesidad de un periodo largo de acumulación previo. Un ejemplo paradigmático es el área de Puertollano (Ciudad Real), donde se localiza un importante complejo industrial con una planta petroquímica y dos centrales térmicas. En esta zona son habituales las superaciones de SO₂ y ozono, en ocasiones incluso durante el invierno, a primera hora de la mañana cuando el calentamiento del terreno comienza a formar la capa de mezcla y acaba por bajar a la superficie los estratos de contaminantes que durante la noche quedan almacenados en la capa residual nocturna (ver último ejemplo del apartado 5.3).

5.2. Análisis estadístico de pautas espacio-temporales.

La forma en que se combinan todos los factores señalados anteriormente determina la evolución del ozono a nivel de superficie, con **pautas espacio-temporales características** que son registradas por las redes de calidad del aire. En las series de datos registrados por estas redes las **componentes periódicas** (estacionalidad, ciclo semanal, ciclo diario) se manifiestan regularmente, y las **no periódicas**, debidas fundamentalmente a periodos transitorios y/o condiciones meteorológicas cambiantes, se suman a las anteriores provocando el incremento o la reducción respecto a los niveles habituales (entendidos estos como los niveles promedio para un punto y una fecha del año).

La interpretación de los datos no es sencilla, entre otras cosas porque es difícil separar unas componentes de otras, y porque estas redes solo registran variaciones a nivel de superficie que están provocadas en gran medida por procesos que ocurren también en altura. En este apartado se analizan estas pautas sobre la base de un conjunto de estaciones representativas.

5.2.1. Conjunto de estaciones representativas.

Dentro de las tareas planificadas en el estudio se contemplaba la selección de un **grupo de estaciones representativo** para toda España (figura 5.6). Estas estaciones fueron seleccionadas como un conjunto mínimo que caracterizara los procesos principales de la dinámica del ozono en todo el territorio, y en diferentes tipos de entorno. Con la selección realizada se ha buscado conseguir una amplia cobertura espacial, incluidas las islas, y proporcionando a la vez una resolución suficiente sobre las áreas donde se registran los mayores niveles, y los mayores gradientes de concentración de ozono. Para ello se han seleccionado estaciones que por su posición dentro de cuencas bien definidas (Valle del Ebro, Valle del Guadalquivir, valles y costas mediterráneas, área de Madrid, área de Puertollano...) registran de forma recurrente los efectos de los procesos que dirigen la dinámica de contaminantes. También se han incluido todas las estaciones EMEP, que son en principio, aunque no siempre, las que registran niveles de fondo y están menos expuestas a la influencia de fuentes identificables.

En la selección predominan las estaciones de tipo rural, debido a que fuera de los núcleos urbanos los patrones espacio-temporales del ozono muestran gran variedad de situaciones dependiendo de la cuenca aérea considerada, y de otros factores como la distancia a las grandes áreas de emisión, la altura sobre el terreno, la posición costera o interior, etc.



Figura 5.6: Selección de 76 emplazamientos con estaciones automáticas representativos para todo España. **Leyenda:** Rojo estaciones urbanas, Amarillo estaciones suburbanas, y verde estaciones rurales.

Desde la selección inicial, realizada sobre la base de datos disponibles hasta 2005, se han realizado algunas modificaciones para adaptarse a los cambios experimentados en las redes desde entonces. Como resultado de todo ello se dispone del conjunto de 78 estaciones (35 rurales, 26 suburbanas y 17 urbanas) que aparecen en el mapa. Este número relativamente grande de emplazamientos refleja la complejidad de la dinámica de contaminantes en España, con gran influencia de los procesos de escala local y regional. Con esta selección se pretende únicamente ilustrar los aspectos más característicos de esta dinámica, y posibilitar el seguimiento de las pautas espacio-temporales generales.

La selección ha estado condicionada por la distribución de estaciones de las redes actuales, que presenta huecos en algunas partes de territorio para las que no se dispone de medidas representativas. Por otro lado el conjunto de series temporales resultante no es homogéneo desde el punto de vista temporal puesto que la base de datos no lo es. Las necesarias modificaciones (altas, bajas, y traslados de cabinas), para la mejora continuada de la evaluación de la calidad del aire, y la adaptación progresiva de las redes a la legislación vigente, se traduce en una selección de estaciones de las cuales son varias las que no disponen de datos con anterioridad a los años 2001 a 2005. Entre ellos muchos de especial interés desde el punto de vista de la vigilancia del ozono.

5.2.2. Ciclos diario y semanal.

Dependiendo de la posición y de las características del entorno del emplazamiento de medida, que implican una mayor o menor influencia de las emisiones de contaminantes, el **ciclo diario** registra valores máximos y mínimos a diferentes horas del día, y con variaciones en cada momento también relacionados con esta posición y entorno. El **ciclo semanal** permite analizar aspectos adicionales que tienen que ver con la química del ozono y con procesos atmosféricos que provocan la acumulación o recarga de ozono a lo largo de la semana:

a) en emplazamientos expuestos a emisiones importantes en su entorno inmediato (áreas urbanas) los niveles de ozono aumentan los fines de semana debido a que se reducen las emisiones y como consecuencia se reduce también el consumo a escala local (oxidación del NO por parte del ozono). En puntos alejados de esta influencia ocurre lo contrario, las concentraciones decrecen en los fines de semana puesto que la menor cantidad de NO_x emitidos se traduce en una menor cantidad final de ozono producido,

b) en zonas donde la orografía favorece los procesos de acumulación (estancamientos, recirculación) los niveles se incrementan gradualmente a lo largo de la semana de lunes a viernes, o incluso hasta el sábado, y decaen (fuera de las ciudades) al final de la semana a causa de la reducción en la emisión de precursores.

Las series de gráficos 5.7, 5.8 y 5.9 ilustran los ciclos diarios y semanales de ozono en estaciones urbanas, suburbanas y rurales. Las estaciones urbanas suelen seguir un comportamiento similar, debido al "peso" de la componente química, reacciones de oxidación entre el ozono y las emisiones "frescas" del tráfico, que enmascara las otras componentes que contribuyen a este balance. Pero las estaciones rurales están lejos de seguir una pauta común. En estos entornos, que abarcan la mayor parte del territorio, los perfiles de los ciclos son muy variados en función de los factores que intervienen, los cuales como se ha señalado anteriormente están muy condicionados por la posición. Por su parte las estaciones suburbanas siguen comportamientos "mixtos", dependiendo del grado de exposición a las emisiones.

A) En entornos urbanos las concentraciones pueden variar dependiendo de la proximidad al tráfico y de la intensidad de este, pero cualitativamente el comportamiento es similar en todos los puntos. Los niveles están muy condicionados por el consumo de ozono en las reacciones de oxidación fundamentalmente con el NO (el consumo y la formación continua de ozono alcanzan un equilibrio dinámico que evita la formación neta ozono). La figura 5.7. muestra los ciclos promedio en un conjunto de emplazamientos urbanos entre Abril y Septiembre. Las características más relevantes son las siguientes:

- Valores moderados a causa del consumo que ejercen las emisiones de NO del tráfico
- Los máximos se registran habitualmente a partir de mediodía, de las 13 a 14 h UTC, momento en que coinciden radiación máxima y el mínimo relativo en las emisiones a la hora de comer.
- Se registran dos mínimos en las horas punta de tráfico, mucho más marcado el de primera hora de la mañana, 5-6 h UTC, y más suave el de la tarde, en torno a las 19 UTC.
- En fin de semana los niveles se incrementan apreciablemente (hasta un %50) debido a la menor cantidad de NO y en consecuencia menor consumo de ozono.

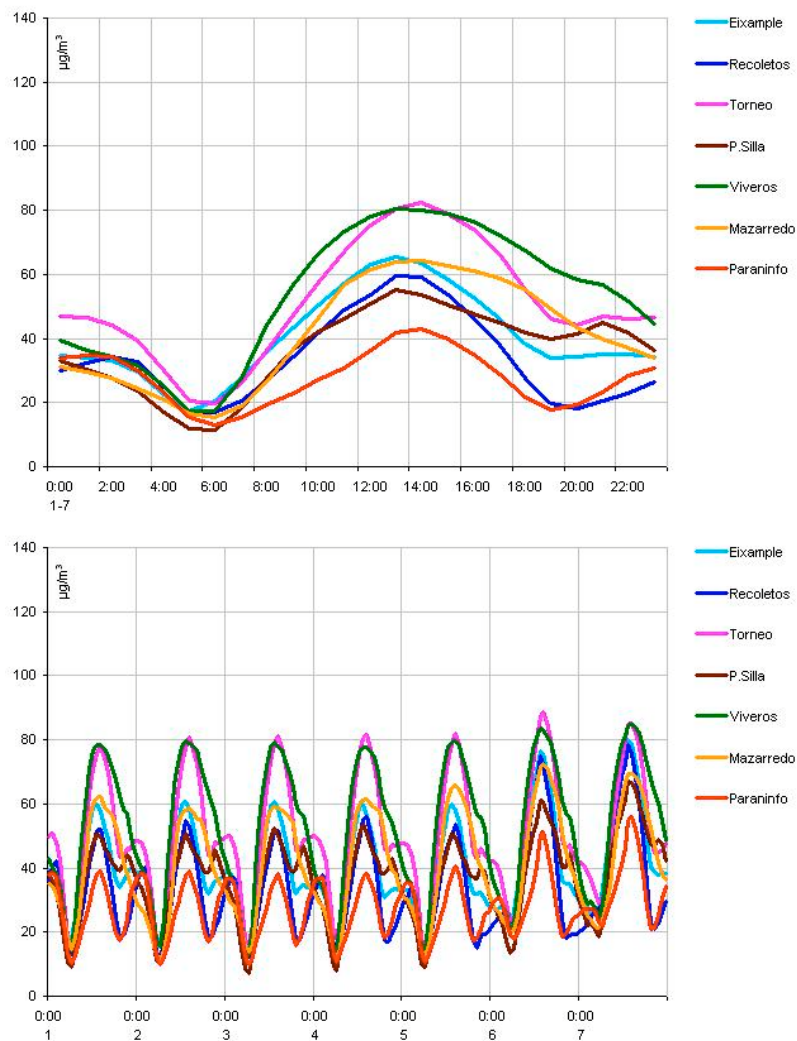


Figura 5.7.: Ciclos diario y Semanal promedio de un conjunto de estaciones urbanas 2001-2007 (Abril a Septiembre).

B) Los emplazamientos **suburbanos** en ciudades grandes siguen un comportamiento semejante a los urbanos, aunque generalmente la menor exposición al tráfico se traduce en concentraciones más elevadas, semejantes a las alcanzadas en muchos entornos rurales.

- En general todas presentan los niveles máximos a las 14 UTC, y se aprecia claramente el mínimo de la hora punta de tráfico de la mañana.
- La subida o bajada de las concentraciones en el fin de semana es un indicio del mayor o menor grado de exposición a las emisiones del tráfico. La diferencia entre *Granollers*, en Barcelona, y *Casa de Campo*, en Madrid, que se aprecia en el gráfico inferior es un buen ejemplo de ello: *Granollers* situada en un entorno con tráfico denso los días laborables aumenta las concentraciones el fin de semana, sin embargo en *Casa de Campo*, más apartada del tráfico, se reducen.
- Por otro lado estas cabinas, aunque de forma muy suave, muestran un incremento progresivo de la concentraciones a lo largo de la semana. Este comportamiento es indicativo de procesos de recarga de ozono en periodos de varios días.

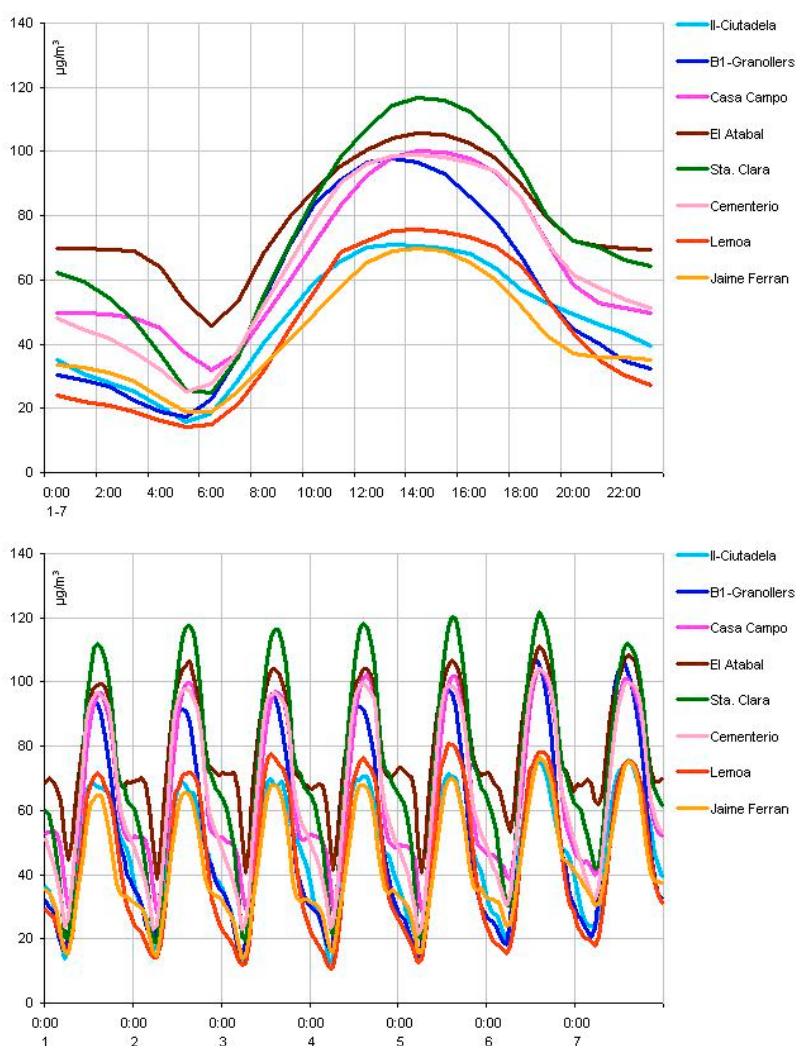


Figura 5.8: Ciclos diario y Semanal promedio de un conjunto de estaciones suburbanas 2001-2007 (Abril-Septiembre).

C) Los emplazamientos en **entornos rurales** son los que generalmente registran las concentraciones más elevadas. Fuera de la influencia inmediata de las emisiones la componente de consumo por oxidación del NO pierde relevancia y entran el juego el resto de factores. En paralelo a la variedad de situaciones que se pueden dar en una cuenca aérea los perfiles promedio del ozono son también muy variados.

Como características comunes se pueden señalar las siguientes:

- Los máximos se registran habitualmente desde las 14 hasta las 16-17h UTC, dependiendo de la distancia a las fuentes de emisión que les afectan. Esta distancia determina el tiempo de retraso en la llegada de la masa aérea en los puntos a sotavento. Por ejemplo, *Pardines* en el Pirineo a 100 km. de Barcelona es alcanzada a horas avanzadas de la tarde por la llegada de la masa aérea proveniente desde allí, y como promedio el máximo se registra a las 17 UTC.
- Durante la noche se mantienen niveles de ozono considerables, que varían fundamentalmente en función de la altura. Los emplazamientos a mayor altura habitualmente quedan por encima de la inversión térmica, dentro de la capa residual desacoplada de la superficie, donde se mantienen las concentraciones de ozono

relativamente estables. Incluso pueden estar en contacto con estratos de contaminantes ricos en ozono formados durante el día. Conforme los emplazamientos bajan en altitud se sitúan midiendo en masas de aire progresivamente más expuestas al contacto con el terreno. Esto posibilita la reducción de las concentraciones de ozono durante la noche por deposición sobre la superficie, y por el contacto con emisiones residuales. Por ejemplo, *Ermita* muestra niveles nocturnos excepcionalmente bajos. El flujo de drenaje nocturno hacia el mar sitúa este emplazamiento, localizado entre la línea de costa y la ciudad de Castellón, a sotavento de la ciudad y el consumo de ozono es casi completo.

- A lo largo de la semana las concentraciones aumentan gradualmente y en fin de semana decrecen en todos los casos. Lo primero se explica por la importancia de los procesos de recirculación (confinamiento dinámico) que propician la acumulación de ozono de un día para el siguiente, y en periodos que duran varios días (mientras permanecen condiciones anticiclónicas de estabilidad dinámica). Lo segundo constata que el aporte de la producción fotoquímica del día es una fracción importante de los niveles, y que la reducción en las emisiones durante los fines de semana implica una menor cantidad neta de ozono formado.

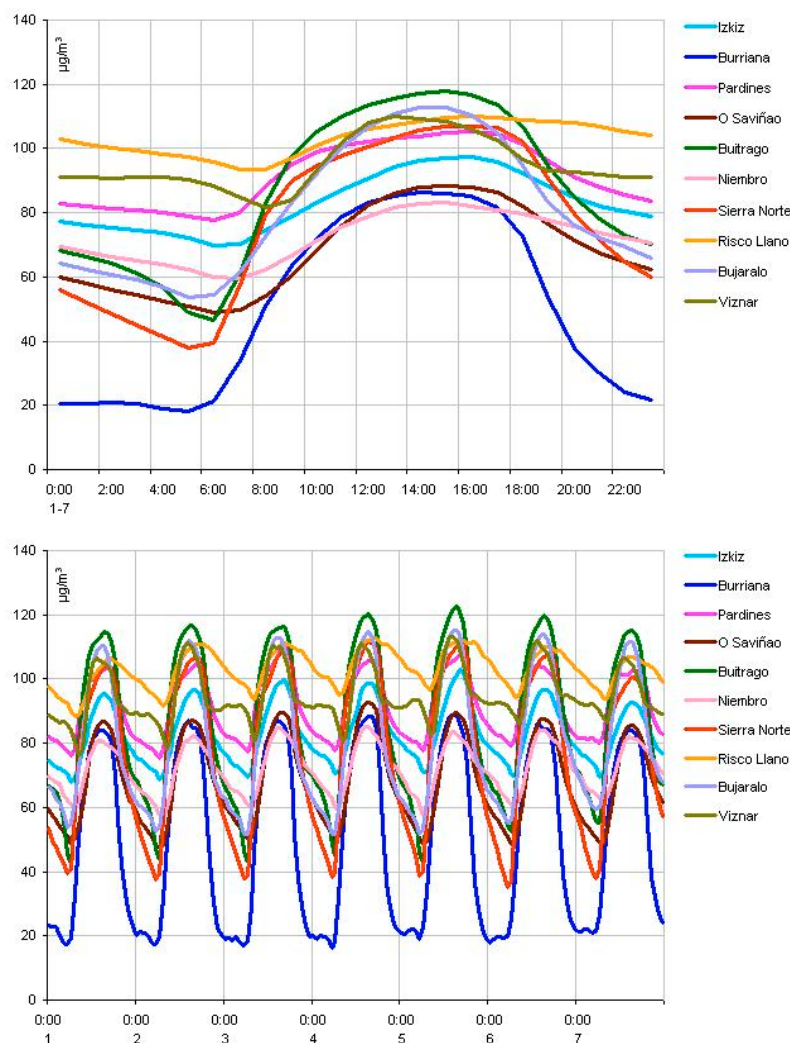


Figura 5.9: Ciclos diario y semanal promedio de un conjunto de estaciones rurales 2001-2007 (Abril-Septiembre)

• **Patrones diario y semanal de superaciones.**

Los patrones en la evolución diaria y semanal se trasladan también a los patrones de las situaciones episódicas. La figura 5.10 muestra las distribuciones por hora del día y día de la semana (%) de las superaciones del Umbral de Información a la población en el conjunto de estaciones representativas.

Las superaciones son más frecuentes en emplazamientos a sotavento de las grandes áreas de emisión (de tipo rural habitualmente). La masa aérea contaminada les alcanza con cierto retraso, dependiendo de la distancia entre ambos puntos, y de ahí que las superaciones se produzcan preferentemente entre las 14 y las 17 UTC. Habitualmente la duración de estas superaciones es de 1-2 horas, pudiendo en ocasiones (un 30 % de los casos aprox) llegar a durar entre 3 y 6 horas.

En cuanto al patrón semanal la cantidad de superaciones en sábados indica que estas superaciones se dan con frecuencia bajo situaciones que favorecen la recirculación o acumulación de ozono de un día para otro. Como ya se ha explicado estas situaciones están asociadas al predominio de circulaciones de mesoescala en primavera y verano.

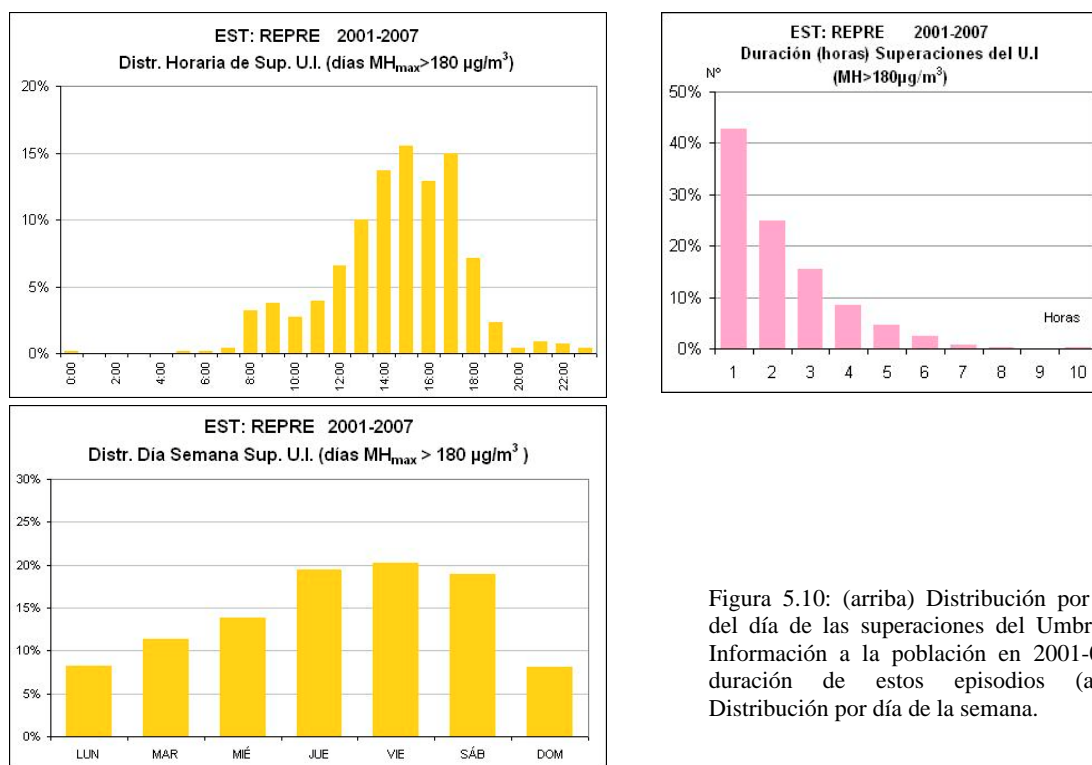


Figura 5.10: (arriba) Distribución por hora del día de las superaciones del Umbral de Información a la población en 2001-07, y duración de estos episodios (abajo) Distribución por día de la semana.

5.2.3. Pauta Estacional.

El **ciclo anual** está relacionado fundamentalmente con el ciclo solar. En general tiene forma de onda simétrica, con el máximo en Julio, coincidiendo con los meses de mayor incidencia de la radiación solar, y por tanto mayor actividad fotoquímica, y el mínimo en Diciembre-Enero. El gráfico de la figura 5.11 muestra los ciclos anuales promedio de algunas estaciones rurales en diferentes puntos de la península. Y en la figura 5.12 se representan los ciclos diarios promedio mes a mes. Los perfiles diarios son más marcados en los meses centrales, cuando se acentúa la producción fotoquímica y el predominio de los procesos de mesoescala que favorecen la formación y acumulación de ozono. Y por el

contrario lo son menos en otoño e invierno, cuando la actividad fotoquímica es menor, y son más habituales las circulaciones en la escala sinóptica (sistemas frontales que limpian y renuevan el aire), circunstancias que reducen la capacidad de formación y acumulación.

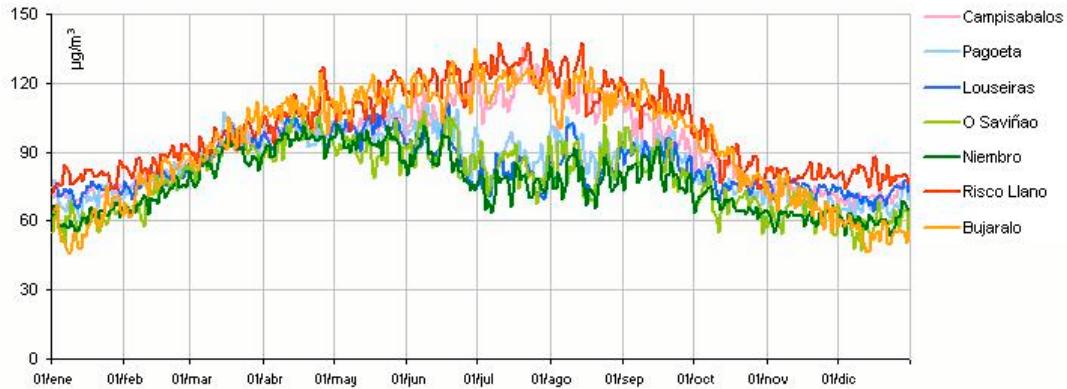


Figura 5.11: Ciclo anual promedio de algunas estaciones rurales (máximos octohorarios diarios en el periodo 1997-2007). Las estaciones de la franja cantábrica sigue una evolución diferente al resto. Estos emplazamientos registran habitualmente un mínimo relativo en Julio, cuando se alcanzan las mayores concentraciones en el resto del territorio.

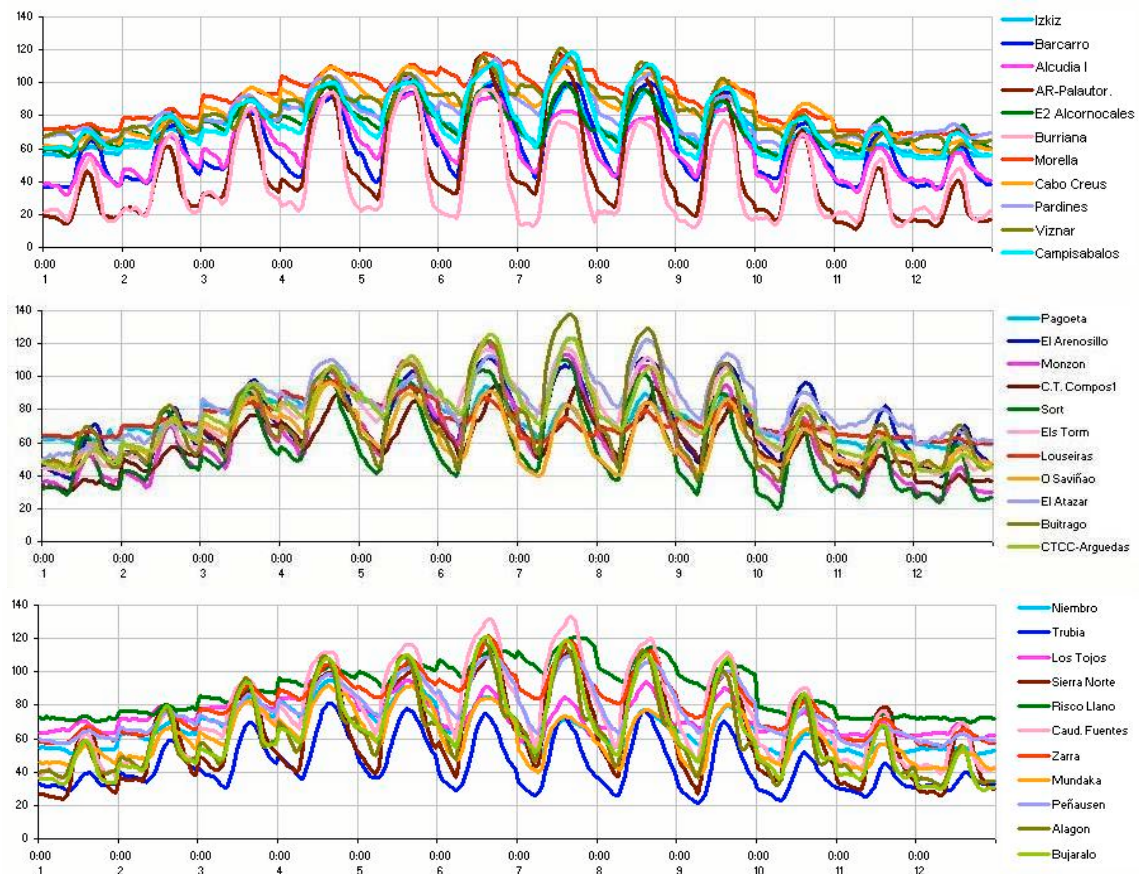


Figura 5.12: Evolución del ciclo diario promedio a lo largo del año en las estaciones rurales en el periodo 2001-2007. (Escala ejes verticales en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La figura 5.10. permite apreciar también una desviación respecto al comportamiento descrito arriba en los emplazamientos de la franja cantábrica; *Louseiras* y *O Saviñao* en Galicia, *Niembro* en Asturias y *Pagoeta* en el País Vasco. En estos puntos se registran los

niveles máximos a finales de la primavera y principios del verano, y posteriormente decaen en los meses centrales. Este ciclo estacional tiene que ver con la advección a escala sinóptica sobre el litoral Cantábrico, provocado por la disposición del anticiclón de las Azores extendido hacia las Islas Británicas. Esta circulación del Este es más frecuente entre Mayo y Septiembre como muestran las rosas de viento en Niembro (figura 5.13). Su efecto es el de favorecer la mezcla de la masa aérea, e impedir el estancamiento o la recirculación de contaminantes a lo largo de varios días, como es frecuente en el resto del territorio. Además en esta pauta estacional puede tener también alguna influencia la mayor nubosidad que afecta a la franja cantábrica en verano (figura 5.14).

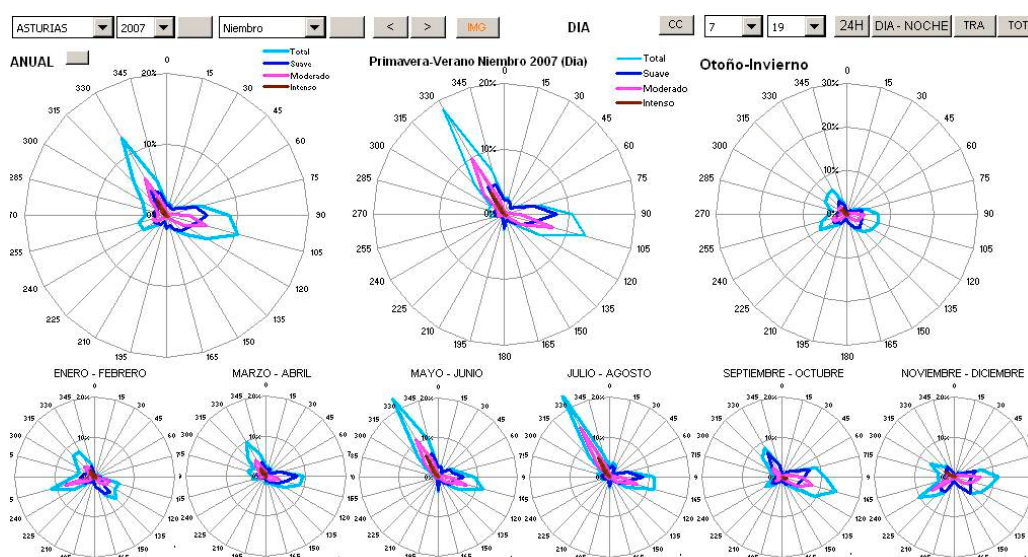


Figura 5.13: Rosas de vientos anual, estacionales, y por meses en Niembro entre las 7 y las 19 UTC (2007). En primavera y verano el porcentaje de vientos de componente NNO (brisa), es del mismo orden que la componente E, de origen sinóptico. **Legenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

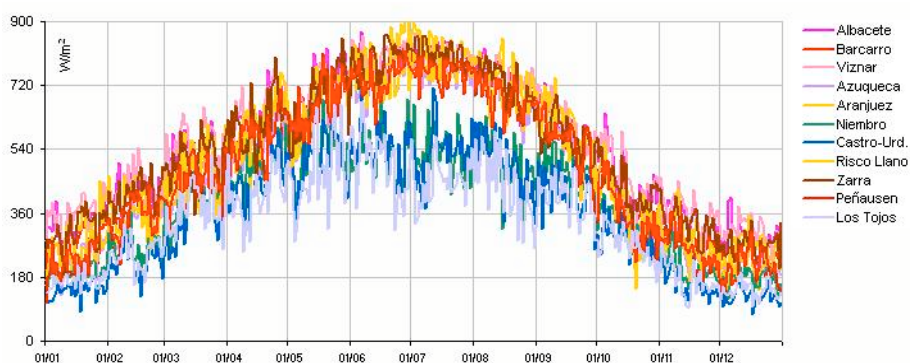


Figura 5.14: Series anuales de radiación solar (máximos octohorarios diarios) en varios puntos de la península entre 1997-2007. Los valores en los emplazamientos Niembro, Castro-Urdiales y Los Tojos son sensiblemente inferiores a los del resto de estaciones en otros puntos de la península. Estas diferencias están asociadas a la nubosidad.

Por otro lado, en sentido contrario al mencionado esta circulación anticiclónica es responsable del transporte a larga distancia de contaminantes provenientes de Centroeuropa. El resultado es la existencia de una componente importante de ozono de “fondo” que penetra ocasionalmente desde el mar sobre toda la costa cantábrica. En estas ocasiones los registros de las estaciones de *Pagoeta*, próxima a Zarauz, *Niembro*, en

Asturias, o Louseiras en Galicia, muestran una evolución, y unos niveles muy similares durante los periodos en que se establece esta circulación.

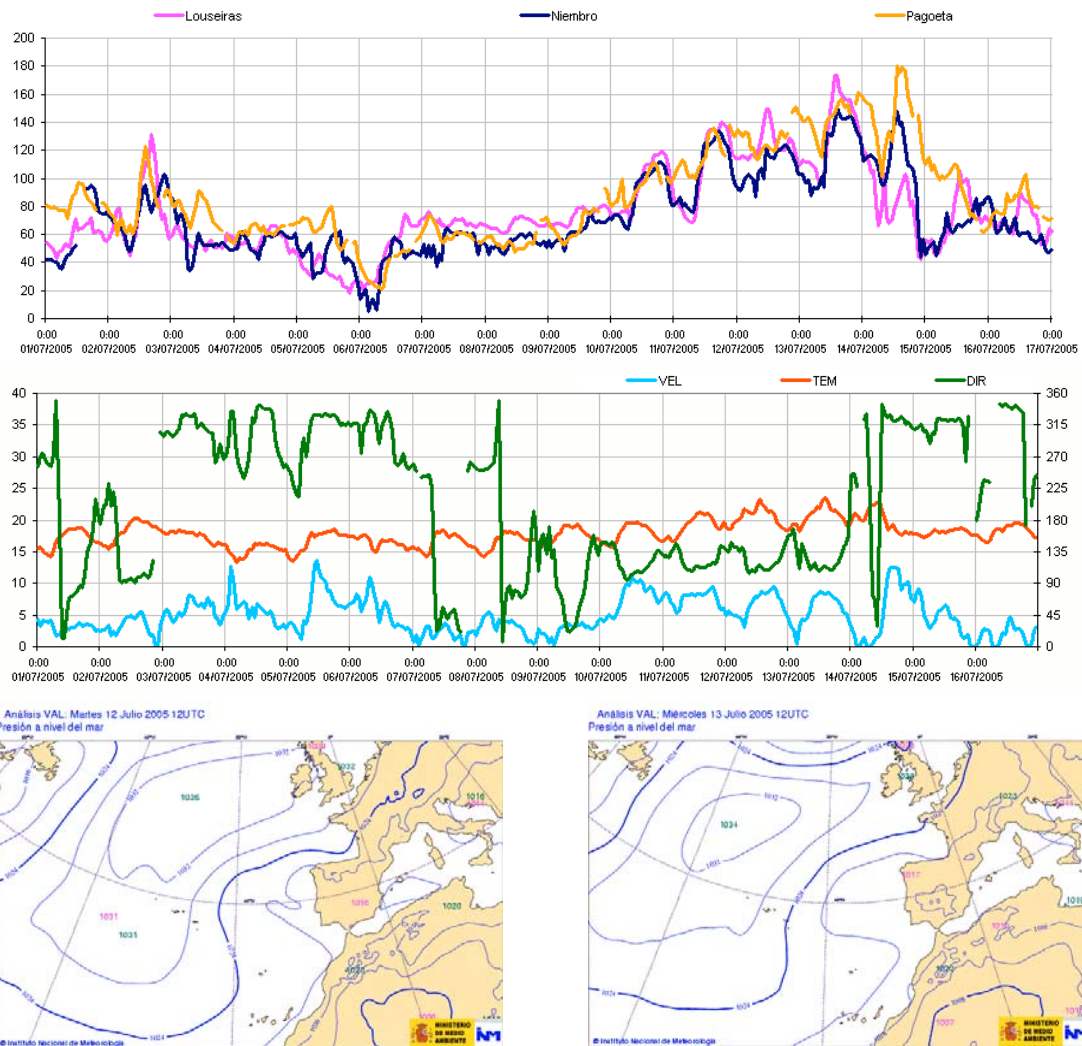


Figura 5.15: Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) elevadas de ozono sobre toda la franja cantábrica entre el 11 y el 13 de Julio de 2005 asociadas a la advección del E inducida por la posición del anticiclón de las Azores. Datos meteorológicos de la torre de Niembro (Vel, m/s y Temp $^{\circ}\text{C}$ en el eje izquierdo, Dir en el eje derecho).

• **Estacionalidad y episodios de ozono.**

Igual que se ha visto en el caso de los patrones diario y semanal, la pauta estacional se traslada también al caso de episodios agudos de ozono (gráfico 5.16)

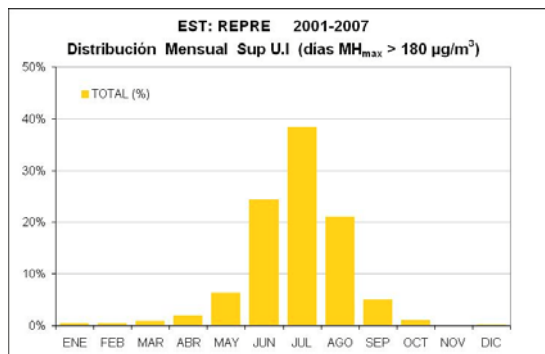


Figura 5.16: Distribución anual de las superaciones del UIP en 2001-2007. La superaciones ocurren preferentemente en Junio, Julio y Agosto.

5.2.4. Variabilidad interanual y tendencias.

Las variaciones interanuales están asociadas fundamentalmente a variaciones de las condiciones meteorológicas, y las tendencias a largo plazo estarán asociadas a tendencias tanto climáticas, como en las emisiones de precursores, que pueden llegar a modificar la tasa de producción de ozono a largo plazo. De momento no son muchos los años disponibles para este tipo de análisis en cuanto a la identificación de posibles tendencias en el ozono. Las variaciones interanuales y las modificaciones en la configuración de las redes que han tenido lugar (a partir de cuyos datos realizan los cálculos) pueden enmascarar las posibles tendencias cuando estas son muy suaves. Por otro lado, como se ha señalado anteriormente, son escasas las estaciones rurales (son las que dan una visión más general de la situación), que registren datos antes de los años 2000-2001.

En cualquier caso, a partir de los datos del periodo 1996-2007 sí se ha constatado una reducción importante de las concentraciones de precursores de ozono en el periodo de disponibilidad de datos, que está asociada a la reducción de las emisiones de tráfico. Los registros históricos muestran una clara tendencia negativa entre 1995 y 2007 de las concentraciones de contaminantes primarios como SO₂, NO y CO (figura 5.17). Sin embargo, esta tendencia no se ha trasladado a las concentraciones de ozono (figura 5.18).

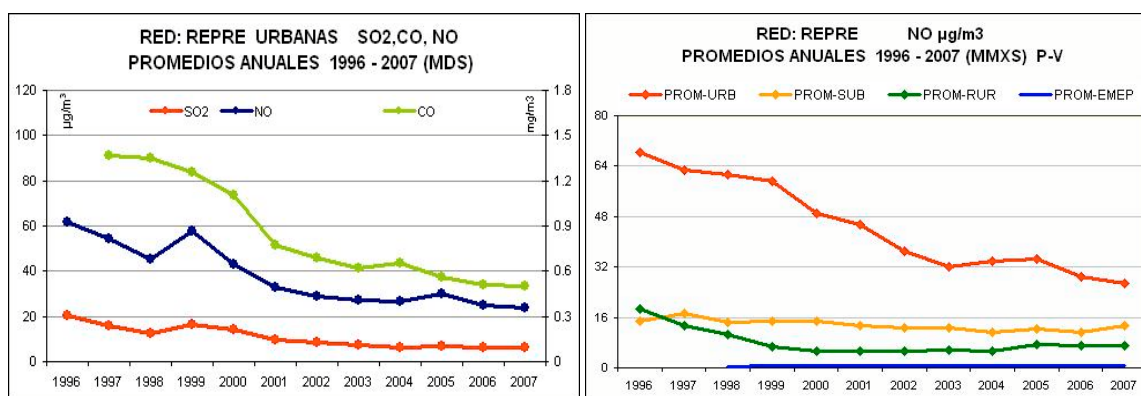


Figura 5.17: (Izquierda) Promedios anuales de SO₂, CO y NO en las cabinas urbanas en el periodo 1995-2007 (derecha) Promedios anuales de NO, a partir de los máximos octohorarios diarios, por tipo de entorno. En todos los casos aplicando filtro de 86% de cobertura mínima a cada estación y disponibilidad del 50% de las estaciones en cada año.

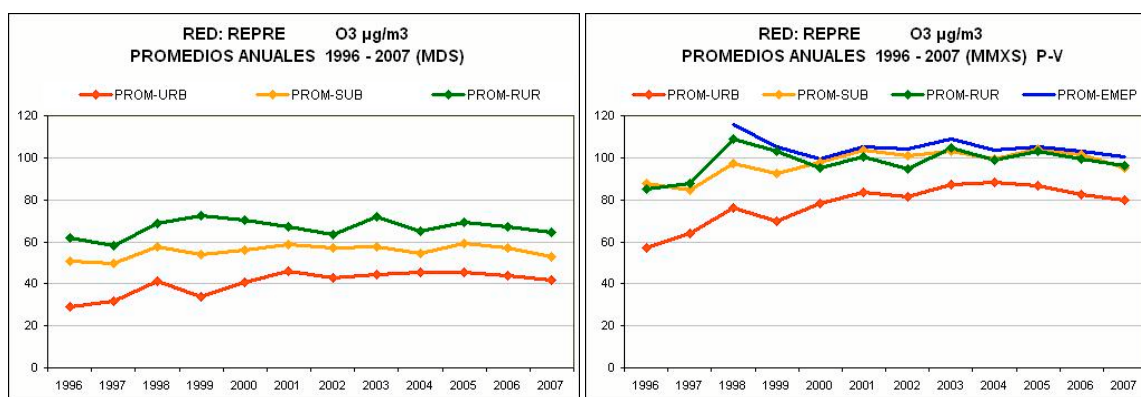


Figura 5.18: Evolución de los promedios anuales de ozono en el periodo 1996-2007 para el grupo de estaciones representativas por tipo de entorno. A la izquierda promedios anuales totales calculados a partir de medias diarias. A la derecha promedios de Abril-Septiembre calculados a partir de los máximos octohorarios diarios. Estos segundos son más representativos del comportamiento en el rango alto, puesto que provienen de los meses y las horas del día con más actividad fotoquímica. (cálculos realizados aplicando filtro de 86% de cobertura mínima para cada cabina).

Los valores promediados que muestran estos gráficos podrían estar influidos en los primeros años por diferencias en la cobertura temporal dentro del grupo de las estaciones representativas seleccionadas (las estaciones se dieron de alta en diferentes años a lo largo de todo el periodo considerado), y en el caso de las series de NO, CO y SO₂ también por la presencia de datos de poca calidad (no es el caso del ozono puesto que estos datos han sido depurados), pero se considera que las conclusiones que se pueden extraer son del todo válidas. En este análisis se han procesado por separado los datos de las estaciones Urbanas, Suburbanas, Rurales y las estaciones de la red EMEP. La evolución conjunta es muy coherente, y la comparación con la evolución de los precursores muestra comportamientos igualmente coherentes.

Las series de promedios anuales de ozono registran pequeñas variaciones interanuales, por ejemplo en las estaciones rurales se aprecia el máximo relativo del año 2003 (ese verano tuvo lugar una ola de calor), pero no una tendencia significativa y generalizada. En todo caso se insinúa una muy leve a la reducción a partir de 2005 que se manifiesta en los tres grupos de estaciones (urbanas, suburbanas, rurales e incluso EMEP). Los datos de 2008 y 2009 podrán dar más información en este sentido.

Estos resultados apuntan en la misma dirección que las conclusiones del reciente informe de la Agencia Europea de Medioambiente (Solberg S., et al. 2009) sobre tendencias a largo plazo del ozono troposférico en Europa. En este informe, basado en el análisis de las series históricas de calidad del aire a escala europea, se constata una reducción ininterrumpida en las emisiones de precursores de ozono desde los años 90, y una reducción también de los niveles de ozono en Reino Unido y Holanda, pero no en otros países como Austria y Suiza.

Entre los motivos se pueden considerar varios: la química del ozono, en la que intervienen también como precursores los COVs, es altamente no lineal (la reducción de NO_x en determinadas circunstancias puede traducirse incluso en un incremento de ozono dependiendo de cual sea la ratio NO_x/COVs, ver figura 5.2); los patrones de emisión pueden haber cambiado con la redistribución de la población de las grandes ciudades hacia áreas periféricas, y el consecuente incremento del tráfico, no registrado por las redes actuales, en las grandes vías de acceso a las capitales (a mayor velocidad); además hay que contar siempre con una contribución de fondo que requiere ser caracterizada y cuantificada (se pueden considerar varias contribuciones de fondo: local, regional, continental e incluso hemisférica, considerando “fondo” como aquello que ya existe previamente, y que se suma a la producción fotoquímica diaria a partir de los precursores emitidos en el día). En todo caso esto son solo estimaciones sobre factores que aún son materia de investigación.

Por último en cuanto a la tendencia de los **episodios** de niveles elevados de ozono, en concreto de las superaciones del UIP (180µg/m³ como promedio horario) los datos sí muestran una clara reducción gradual desde el máximo destacado de 2003, año de la ola de calor, y una caída brusca en 2007.

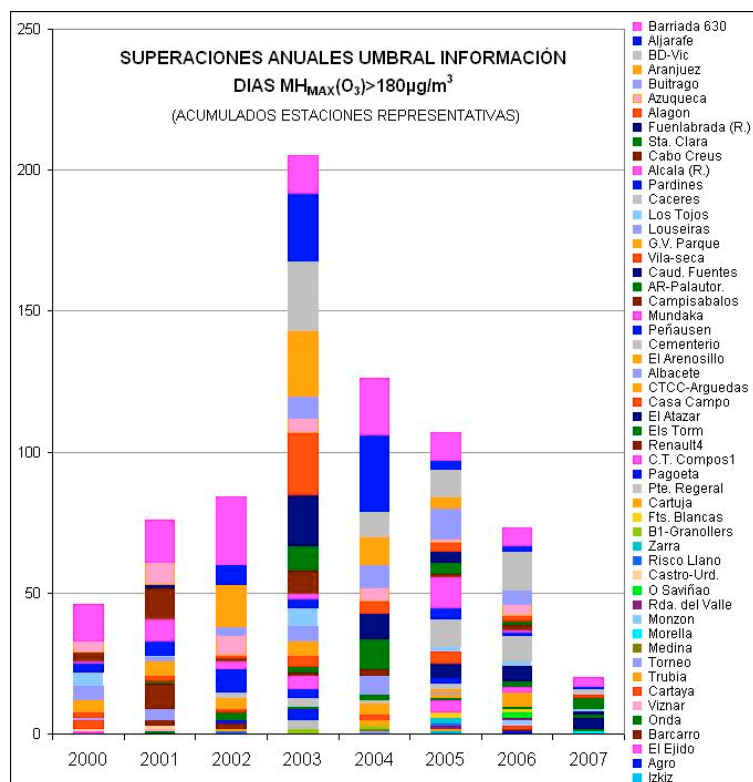


Figura 5.19: Número de superaciones anuales del Umbral de Información a la Población para el ozono ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) en el conjunto de estaciones representativas. La tendencia se invierte a partir de 2004, y 2007 presenta el mínimo de superaciones de los últimos años.

5.3. Relación entre concentraciones y magnitudes meteorológicas. Evolución conjunta en tiempo real.

En cada emplazamiento de medida los cambios en la forma en que se manifiestan los factores que determinan la evolución de las concentraciones de contaminantes (distribución de las emisiones, reacciones fotoquímicas asociadas al ciclo solar, y condiciones atmosféricas - meteorológicas), se traducen en cambios de las concentraciones y de los parámetros meteorológicos que están relacionados entre sí. Por ejemplo, los cambios en la pauta de emisión afectan directamente a las concentraciones, los cambios en la intensidad de la radiación solar debido a variaciones en la nubosidad, se traducen en una mayor o menor actividad fotoquímica y por tanto en un aumento o reducción de la formación de contaminantes secundarios, los cambios en la velocidad del viento varían las condiciones mezcla, y varían por tanto las concentraciones, los cambios en la dirección de viento cambian la dirección del transporte las emisiones, o bien están asociados a la entrada de una masa aérea con diferentes características fisico-químicas, etc.

En consecuencia, la correcta interpretación de la evolución de las concentraciones de un contaminante a lo largo de uno o varios días, requiere el análisis de la variación conjunta con el resto de contaminantes y con las variables meteorológicas (velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación, humedad relativa).

Para ilustrar estas relaciones se muestran tres ejemplos en puntos de la Comunidad Valenciana, Comunidad de Madrid y en Puertollano en Castilla -La Mancha

- **Vilafranca (Castellón). Periodo 16/6 a 1/7/2002**

La figura 5.20 muestra la evolución simultánea de todas las variables registradas en la cabina de Vilafranca, a unos 50 km. de la costa en el interior de Castellón. Esta

representación permite explicar en gran parte los cambios observados en las concentraciones de ozono durante ese periodo. Por supuesto también es preciso conocer la situación del punto de medida dentro de la cuenca aérea donde se localiza y la distribución de las emisiones en dicha cuenca (distancia a las áreas de emisión, altura sobre el terreno, etc.). Así mismo las condiciones meteorológicas a escala sinóptica, y el conocimiento de la dinámica de contaminantes en relación con estas las condiciones atmosféricas ayudan a interpretar dicha evolución .

El gráfico muestra la sucesión de dos periodos consecutivos de acumulación de ozono en la segunda quincena de Junio de 2002, bajo la influencia de las circulaciones de mesoescala en la vertiente mediterránea (ver esquema de estas circulaciones en la figura 5.5). Ambos periodos se identifican claramente entre el 20 y el 23, y entre el 24 y el 27, de Junio, y están asociados a brisas en días con cielos despejados y temperaturas moderadas como muestran los registros de radiación y temperatura. El primer periodo se interrumpe la madrugada del día 24 a causa de la entrada de una masa de aire desde el norte, que se manifiesta con el aumento de la velocidad y el cambio brusco en la temperatura y la humedad relativa.

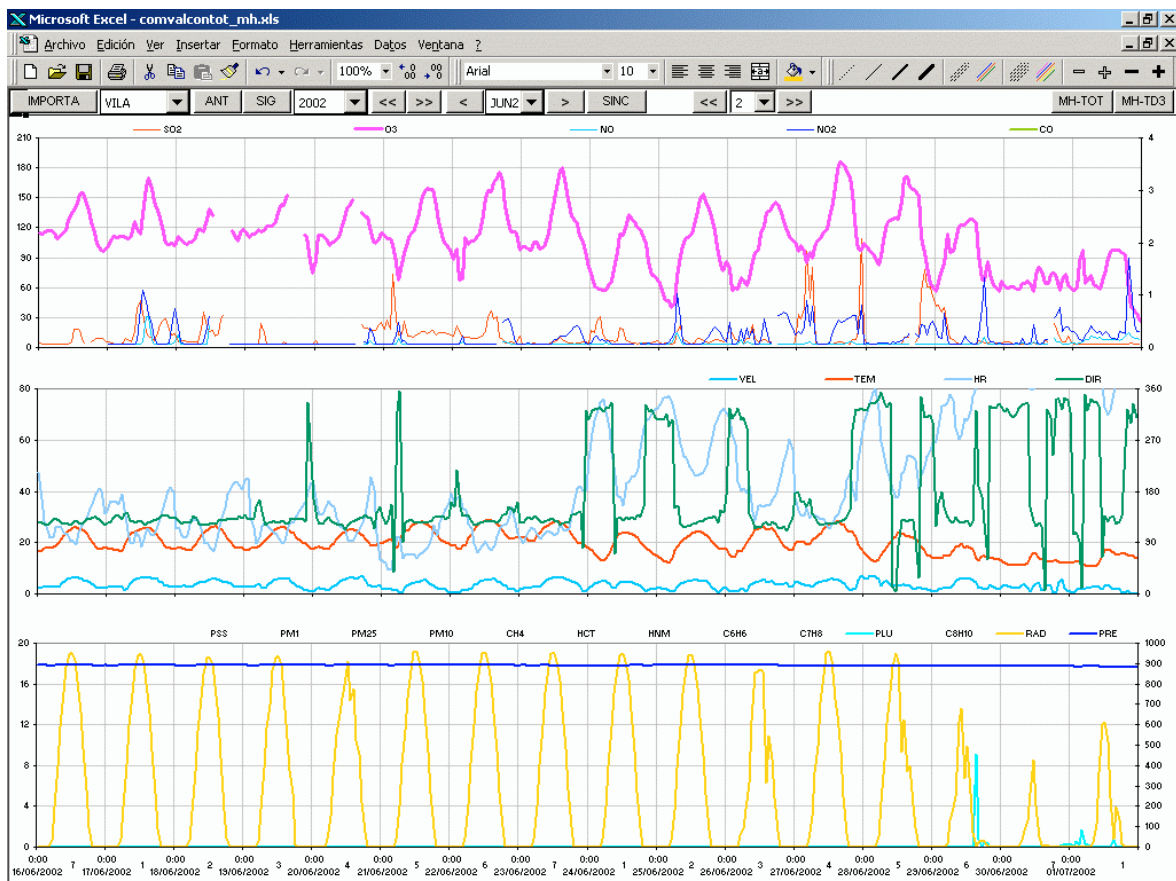


Figura 5.20: Evolución conjunta de las concentraciones de contaminantes y las variables meteorológicas en un periodo de 16 días de verano en la estación de Villafranca (Castellón).. La entrada viento del NO la madrugada del día 24 interrumpe un periodo de 4 días de aumento progresivo en las concentraciones bajo predominio de las brisas. La bajada brusca de la temperatura y el aumento de la humedad relativa revela una masa de aire con diferentes propiedades físico-químicas. A partir de ahí se inicia otro periodo de recarga de otros 4 días que se interrumpe de la misma manera la madrugada del día 28. (Promedios horarios UTC. DIR y RAD escala en el eje derecho.)

A partir de este periodo transitorio, que no supone una limpieza radical de la masa aérea, se vuelve a entrar en otro periodo de brisas con un incremento gradual de los máximos de ozono durante cuatro días, acabando en la superación del umbral de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) el día 27 durante apenas una hora. Esta superación (en general todos los máximos registrados) no ocurre en las horas centrales del día, sino durante la tarde. Este comportamiento se debe al desfase de tiempo en la llegada de la masa aérea desde la costa. Los niveles de ozono comienzan a decaer de nuevo el día 28, debido a una situación similar a la que se dio en la madrugada del 24, pero se reduce drásticamente a lo largo de los días siguientes en que se observa la presencia de nubosidad, incluso de precipitaciones, la reducción de las temperaturas, y la práctica desaparición del régimen de brisas.

Por último aunque no de forma tan evidente como en otros emplazamientos más influidos por emisiones en el entorno, se puede apreciar en varios momentos la caída puntual del ozono como respuesta a presencia de concentraciones de NO. Estas concentraciones van acompañadas de SO₂, y se observan bien con viento del Sur o con ausencia de vientos (calmas). Todo ello es indicativo de que se trata de emisiones cercanas, probablemente de la fábrica textil cercana a la población (esta comarca recibe con alguna frecuencia el impacto del penacho de las emisiones de la C.T. de Andorra, Teruel, a unos 60 Km. al NO de Vilafranca, y para discernir la procedencia de las concentraciones de SO₂ en este emplazamiento es fundamental la observación simultánea con los NO_x y el viento).

• **Comunidad de Madrid . Periodo 24/7 a 8/8/2004**

La cuenca aérea de Madrid tiene una dinámica de contaminantes característica, muy condicionada por la orografía en los meses centrales del año. En estos meses las condiciones anticiclónicas con poco gradiente sinóptico sobre la península, favorecen el establecimiento de circulaciones de mesoescala. El calentamiento de las laderas de la Sierra de Guadarrama orientadas al sur provoca el desarrollo de vientos con esta componente, y por tanto el transporte de las emisiones urbanas de la capital hacia el norte. El patrón general de estas circulaciones tiende a establecerse en el eje SW-NE, con el drenaje nocturno habitualmente del NE girando a lo largo del día en sentido horario hasta el SW. Como consecuencia de esta dinámica se registran habitualmente concentraciones elevadas de ozono en todo el arco al norte de la ciudad.

La figura 5.21 es un ejemplo que ilustra esta situación a partir de los registros de ozono en las estaciones automáticas de *San Martín*, *Guadarrama*, *Buitrago* y *Campisábalos* (Guadalajara) en un periodo entre Julio y Agosto de 2004. Además de estas cuatro series se representan también los datos de partículas y variables meteorológicas medidas en la estación de Alcobendas.

En el periodo del 28 al 1 de Agosto se registran superaciones del Umbral de Información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y en particular el día 30 los niveles casi alcanzan el Umbral de Alerta en Buitrago. Entre otras cosas destaca la secuencia de los máximos de ozono; el orden San Martín - Guadarrama - Buitrago se debe a la posición relativa de estos puntos respecto a la capital, y al giro en el viento en sentido horario, desde NE a primera hora hasta SW a última hora de la tarde. Los datos registrados por la estación EMEP de Campisábalos, en las estribaciones orientales de la sierra, sugieren que esta dinámica de transporte se extiende hacia el norte de Guadalajara los días 27 y 28 de Julio, y 1 y 2 de Agosto (entre el 29 y el 1 no porque el giro en el viento no es completo), aunque con concentraciones de ozono sensiblemente inferiores. A lo largo de todo el periodo las partículas PM10 muestran la misma pauta general que el ozono registrándose la superación de valor límite diario para

la protección a la salud humana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en varios de los días entre el 28 de Julio y el 2 de Agosto .

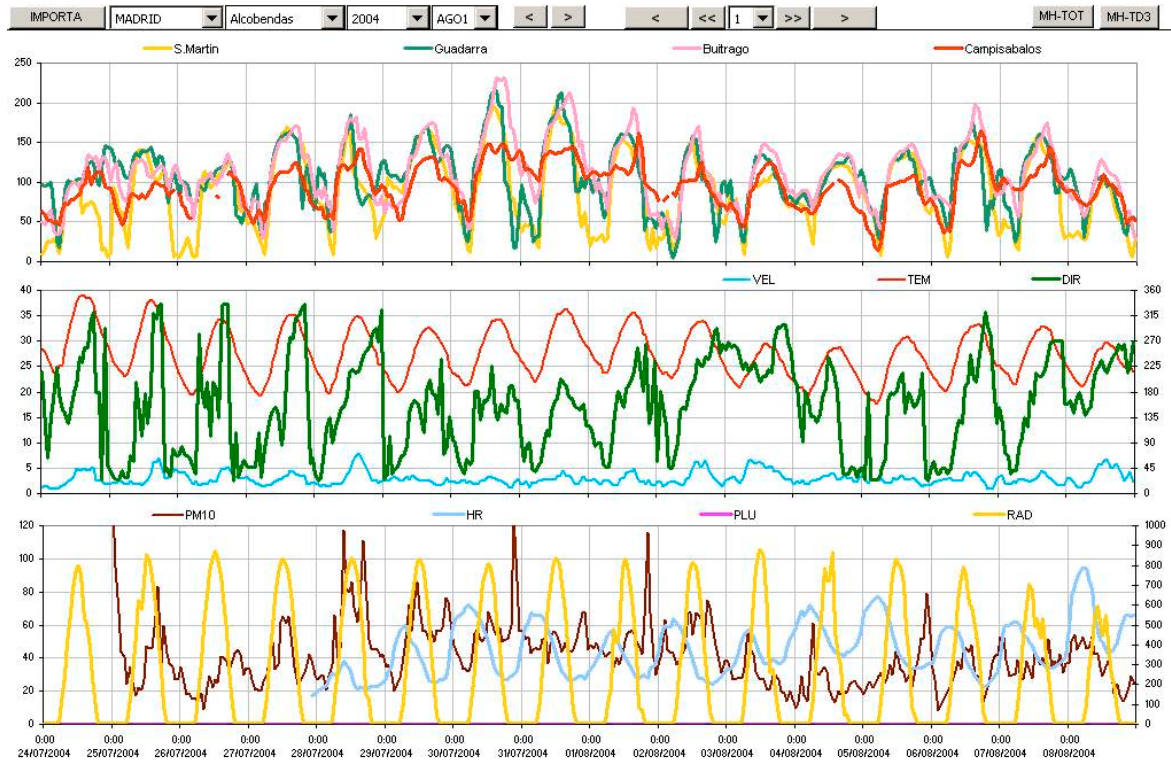


Figura 5.21: Secuencia de los máximos de ozono en la cuenca de Madrid bajo circulaciones de mesoescala. El orden San Martín -Guadarrama- Buitrago se debe a la posición relativa de estos puntos respecto a la capital, y al giro en el viento en sentido horario.

- **Puertollano (Ciudad Real). Periodo 26/7 a 11/8/2003**

Puertollano se localiza en un punto interior de la península, en el paso entre dos valles bien definidos, y próximo a un área industrial que incluye un complejo petroquímico y dos centrales térmicas. Los datos representados en la figura 5.22. permiten observar la evolución de las concentraciones de ozono, con algunos valores extremos a primeras horas de la mañana. En general, todos los picos de O_3 coinciden con otros de SO_2 , y tienen lugar justo después de que las temperaturas y las velocidades de viento pasen por su mínimo matinal. Esta situación es indicativa de una "fumigación" matinal clásica de los contaminantes emitidos durante la noche que han quedado atrapados y estratificados dentro de la masa de aire estable nocturna.

Posteriormente al período de fumigación, los niveles de ozono se mantienen casi constantes durante las horas centrales del día (más de 8 horas), con valores promedio del orden de 90 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones de ozono tan uniforme son un indicador de que su origen es la advección desde otros sitios. Los niveles de ozono observados en la parte central del día pueden considerarse como de fondo regional. Finalmente, los niveles de O_3 inician su descenso a finales de la tarde, coincidiendo con la re-estabilización de la masa aérea en los valles y el corte de la advección regional. Se observa una inflexión marcada que coincide con el segundo máximo de NO_x , partículas y CO , procedentes de la segunda punta de tráfico por la tarde. Posteriormente, el ozono desciende progresivamente

durante la noche, y vuelve a caer en picado durante las últimas horas de la madrugada cuando las nuevas emisiones de NO_x lo consumen y originan su mínimo diurno.

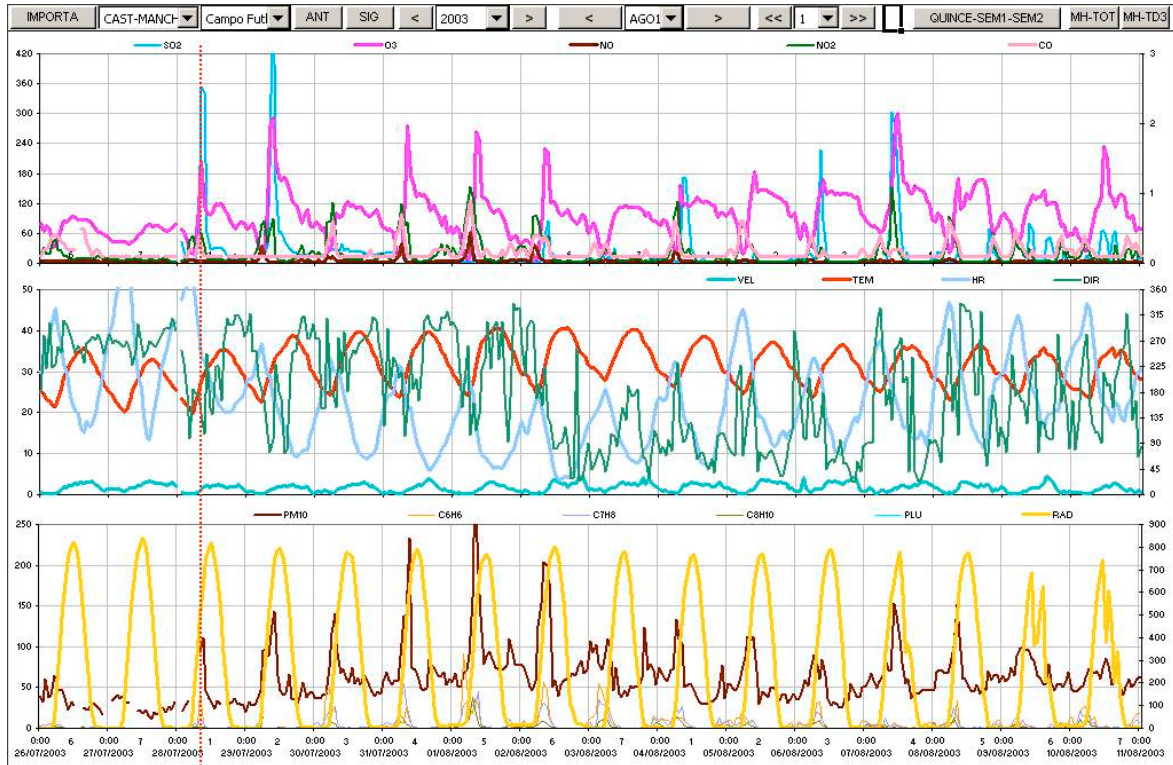


Figura 5.22: Series de promedios horarios del 1 al 16 de agosto de 2003 en la estación Campo de Fútbol de Puertollano. Los episodios de ozono y SO₂ de corta duración que tienen lugar durante la mañana están asociados a la fumigación de estratos de contaminantes con la formación de la capa de mezcla.

6. Simulaciones numéricas de los campos de viento.

Como se explica en el documento “*El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos*” que acompaña a este informe, desde el año 1979 se comenzaron a tener evidencias de que en los niveles de concentración de ozono troposférico jugaban un papel relevante diferentes procesos meteorológicos que únicamente se podían explicar considerando a la atmósfera como un continuo que engloba escalas espaciales y temporales muy diferentes.

Desde entonces se ha avanzado en el conocimiento de estos procesos, identificando su origen termodinámico y parametrizándolos mediante la interacción sinérgica de forzamientos físicos asociados a diferentes escalas meteorológicas. Estas interacciones y retroalimentaciones entre procesos físicos con escalas meteorológicas características diferentes (desde las locales hasta las sinópticas, pasando por las mesoescalares) se han identificado a lo largo y ancho del planeta, y han ayudado al desarrollo de la modelización meteorológica introduciendo conceptos como el de anidamiento bidireccional de las mallas configuradas en los modelos numéricos de simulación (“*two-way nesting*”). Así mismo, la evidencia de la relevancia de los forzamientos orográficos impulsaron el desarrollo de modelos numéricos de área limitada, susceptibles de ser ejecutados con alta resolución espacial y temporal, con lo que se hizo necesario implementar en los modelos numéricos la aproximación no-hidrostatica de las ecuaciones fundamentales de la dinámica de fluidos (Navier-Stokes).

El desarrollo de estas herramientas ayudó en la profundización del conocimiento empírico de los mecanismos por los que la atmósfera regula los niveles de concentración de contaminantes en la troposfera.

Este tipo de interacciones se han documentado en la mayoría de los países en los que existen estudios científicos dentro de este campo del conocimiento, por lo que hoy en día se sabe que aunque sus causas son generales e identificables en gran parte del planeta, sus efectos y manifestaciones son muy variables a lo largo del año y muy específicos de cada ubicación geográfica concreta. Todo ello debido a que el resultado de la suma sinérgica de los procesos físicos que se producen simultáneamente con diferentes escalas características (desde la local a la sinóptica) es enormemente dependiente tanto de las propiedades fisiográficas de la superficie terrestre como de la topografía.

En el marco de la cuenca Mediterránea Occidental, y de la Península Ibérica en particular, el documento citado al principio presenta un resumen de los principales resultados de los proyectos Europeos de investigación, y muestra el estado de conocimientos de los principales mecanismos y procesos que regulan los niveles de concentración de ozono troposférico. De forma complementaria, se presenta un estudio a alta resolución de la estructura “interna” (o estructura “fina”) de los procesos mesoescalares que se produjeron en la Península Ibérica durante uno de los escenarios de contaminación por ozono troposférico en la Península Ibérica identificados a partir de un análisis de los datos de las redes de calidad del aire efectuado en el marco de este contrato.

En este apartado, no sólo se determina y explica el régimen del campo de vientos de la baja troposfera en base al resultado de la suma sinérgica de los forzamientos y procesos físicos asociados a diferentes escalas (desde la sinóptica a la local), sino que también se presentan resultados preliminares del estudio de las continuidades de las masas de aire entre las diferentes comunidades autónomas y regiones dentro de la Península, poniendo en tela de

juicio, a la vista de los resultados, conceptos como el de “nivel de fondo regional” de contaminantes.

Concretamente, se presenta la descripción simultánea de la dinámica atmosférica en las costas Gallegas, la cornisa Cantábrica, el valle del Ebro, la cuenca Mediterránea, la cuenca del Guadalquivir y el centro peninsular; utilizando los datos en superficie de 79 estaciones de medición de la calidad del aire, 53 estaciones de la red global de medida de magnitudes meteorológicas, sondeos meteorológicos de tres emplazamientos diferentes, imágenes de los satélites NOAA-12 y NOAA-15 (en los canales de visible e infrarrojo térmico), modelización meteorológica a alta resolución (6.7 km) de toda la Península Ibérica y Baleares, y modelización de la continuidad de las masas de aire entre diferentes “zonas de calidad del aire” en España.

6.1. Estructura interna de la Baja Térmica Ibérica: Procesos mesoescalares entre el 26 y el 30 de Junio de 2004.

Entre los días 26 y 30 de Junio de 2004, la evolución de las concentraciones de ozono en la Península Ibérica estuvo determinada por el desarrollo de la Baja Térmica Ibérica en áreas del Centro y del Sur de la Península (más detalles en el análisis estadístico efectuado en el marco de este convenio con el Ministerio de Medio Ambiente). Estos días se pueden considerar como representativos de la influencia que la organización de las circulaciones de viento en la baja troposfera a escala Peninsular tiene sobre los niveles de concentración registrados simultáneamente en diferentes áreas de la península.

En las imágenes de reanálisis (figura 6.1) suministradas por NOAA/NCEP (National Center for Environmental Prediction) se observa, a escala sinóptica, al anticiclón de las Azores extendiéndose a lo largo de las costas Cantábricas. Durante los cinco días de Junio seleccionados, también se observa la paulatina profundización de bajas relativas de origen térmico en el interior peninsular que aparecen en los mapas sinópticos como una prolongación de la Baja Térmica Sahariana.

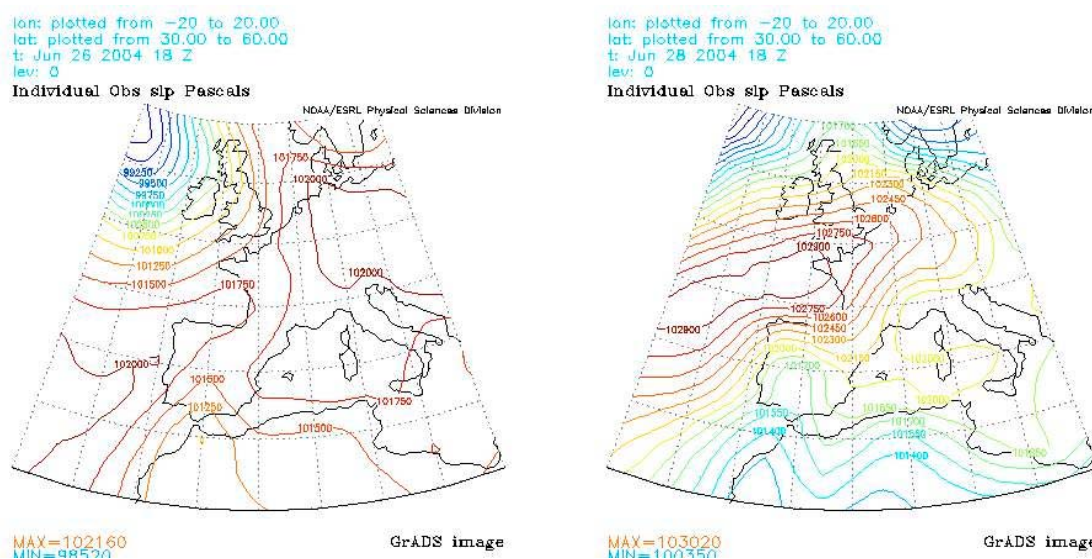


Figura 6.1: Mapas sinópticos de reanálisis de la Presión atmosférica a nivel del mar a las 18:00 horas del primer y tercer día del escenario analizado. Fuente: NCEP/NCAR.

Las imágenes de los satélites NOAA en el canal visible (figuras 6.2) muestran la dinámica nubosa durante esos días, con la aparición de cúmulo-nimbos sobre las principales cordilleras montañosas (y sobre algunas otras zonas del interior peninsular), producto de la condensación de masas de aire húmedas inyectadas en altura. Las imágenes de los satélites NOAA en el canal visible muestran el “disparo” de tormentas durante algunos de estos días. Así, por ejemplo, durante los días 29 y 30 se produce una desestabilización de la atmósfera que propicia el disparo de fuertes tormentas en las regiones montañosas del Este y Sur Peninsular, que (como se discutirá más adelante) reconfiguran la estructura del campo de vientos a escala peninsular (y, por tanto, la continuidad atmosférica entre diferentes zonas peninsulares).

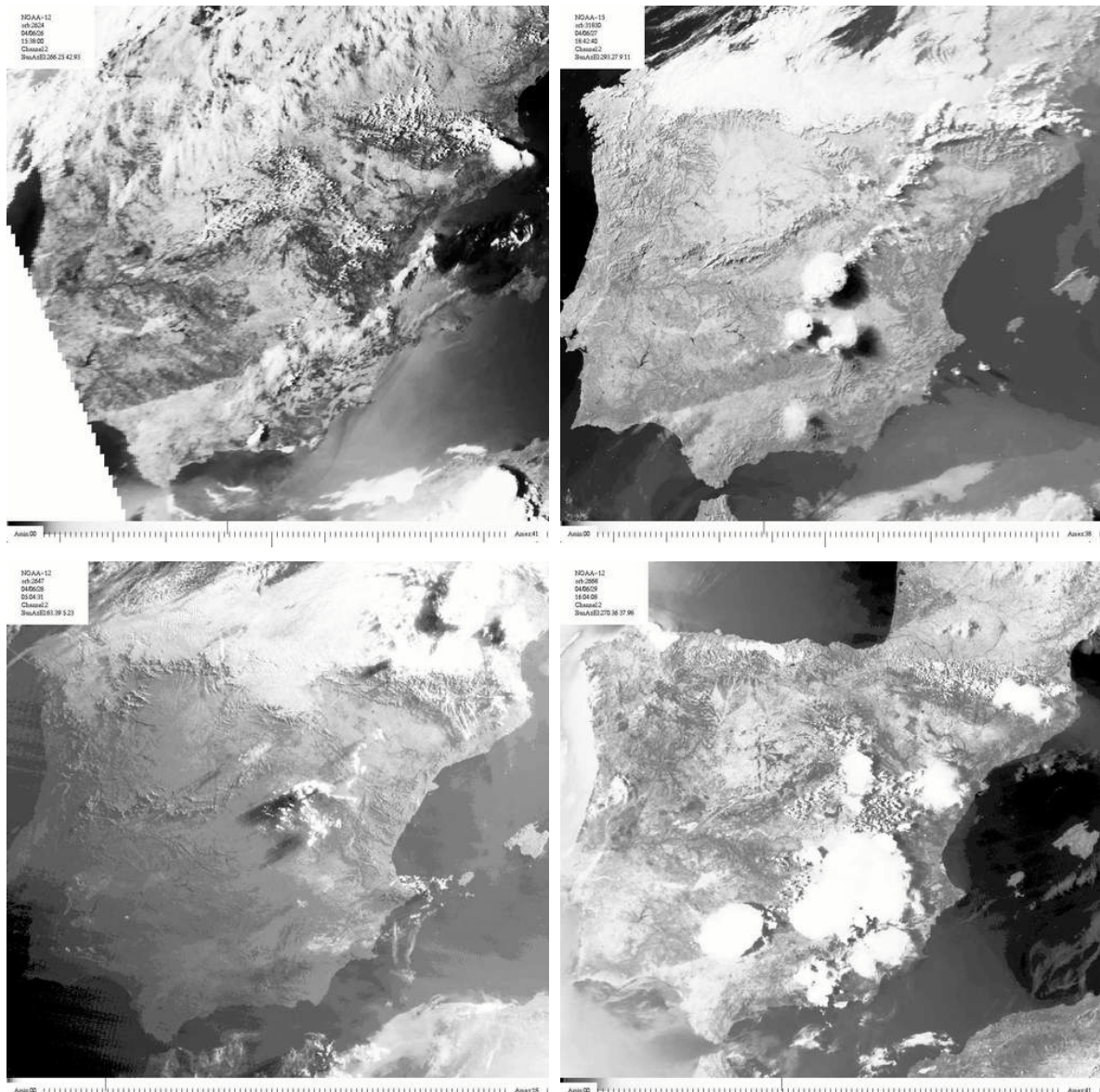


Figura 6.2: (Arriba) Imágenes del satélite NOAA-12, tomada a las 15:38 h. del día 26 de Junio de 2004, en el canal visible, y del satélite NOAA-15, tomada a las 18:42 h. del día 27 de Junio de 2004, en el canal visible. (Abajo) Imagen del satélite NOAA-12, tomada a las 05:04 h. del día 28 de Junio de 2004, en el canal visible, y del satélite NOAA-12, tomada a las 16:04 h. del día 29 de Junio de 2004, en el canal visible.

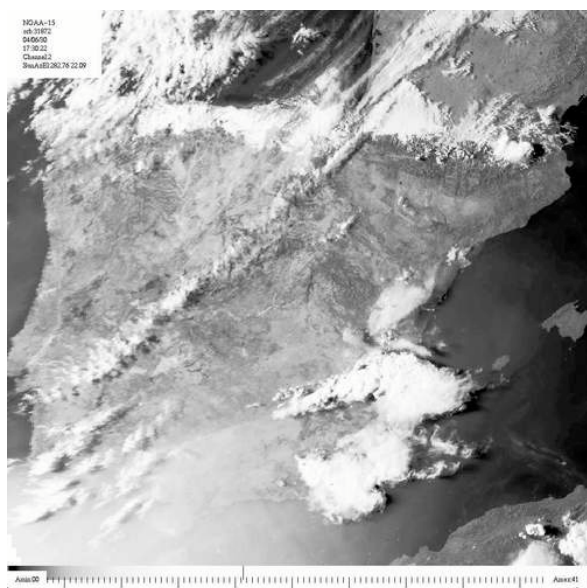


Figura 6.2 (Cont) : Imagen del satélite NOAA-15, tomada a las 17:30 h. del día 30 de Junio de 2004, en el canal visible.

Durante los cinco días de este escenario de contaminación por ozono troposférico, las imágenes del canal de infrarrojo térmico, canal 4 de los satélites NOAA³, muestran claramente la extensión de las circulaciones de brisa a lo largo de todas las costas de la península (de contenido de vapor de agua). Así, aparecen con un color blanquecino las zonas “frías” donde la temperatura del suelo es refrigerada por masas de aire cálidas y húmedas procedentes del mar (figuras 6.3). También se identifican zonas “oscuras” en el interior peninsular, asociadas a áreas con una masa de aire limpio y seco, más “transparente” a la luz infrarroja y que permite ver la superficie del suelo con más nitidez.

Como se discute con mayor detalle a continuación, esta heterogeneidad o gradación en la escala de grises es resultado de las circulaciones de las masas de aire en la troposfera que, a su vez, son producto de las perturbaciones que la topografía y los forzamientos térmicos provocan en la circulación sinóptica.

En la parte inferior de las figuras 6.3, se muestran las líneas de corriente del campo de vientos superficial (a 15 metros sobre la superficie). Estas líneas de corriente se deben entender como una imagen instantánea del campo de vientos; es decir, se corresponde con las “líneas tangentes” a los vectores “velocidad de viento horizontal” en cada instante de tiempo; por lo que la evolución temporal de estas se corresponde con los movimientos superficiales de las masas de aire. Considerando el principio de continuidad y de conservación de la masa, la “desaparición” de líneas dentro del dominio se interpreta físicamente como el movimiento ascendente de las masas de aire (ya que sólo se representan las líneas asociadas a los vectores horizontales de la velocidad) y, paralelamente, la “aparición” de líneas de corriente se corresponde con la entrada de masas de aire en la circulación horizontal desde capas atmosféricas superiores. Así, nos referiremos a las zonas en las que “aparecen” líneas de corriente como zonas de “subsistencia” o de “divergencia”; y a las zonas en las que “desaparecen” líneas de corriente como zonas de “ascendencia” o de “convergencia”.

El aire, en su movimiento ascendente, tiende a expandirse y, por tanto, a enfriarse. Así, si la masa de aire que asciende es húmeda, el agua en estado gaseoso que contenga tenderá a

³ La imágenes de los satélites NOAA-12 y NOAA-15 tienen una resolución espacial de, aproximadamente, 1 km².

condensar a partir de la altura en la que se alcance la temperatura del punto de rocío, formando cúmulos-nimbos (tal y como aparece en las imágenes de satélite a lo largo de las cordilleras montañosas en las horas centrales del día y por la tarde, figuras 6.3).

Paralelamente, en su movimiento descendente (de subsidencia), la masa de aire tiende a calentarse y a secarse (pérdida de humedad relativa). Las imágenes en infrarrojo desde satélites muestran zonas “calientes” (o más “oscuras”) en aquellas áreas en las que se producen estos movimientos descendentes de aire. Generalmente estos se producen en áreas adyacentes a las cimas de las cordilleras, como mecanismos compensatorios (subsidentes) a las inyecciones verticales (ascendencias) de las masas de aire superficiales.

Por comparación visual (figuras 6.3), en instantes de tiempo concordantes, se observa cómo las imágenes en infrarrojo térmico tomadas desde los satélites NOAA presentan una distribución de tonalidades (desde el blanco al negro) que concuerdan con la distribución de zonas de convergencia y de subsidencia simuladas por el modelo meso-meteorológico RAMS a escala peninsular. Para complementar la discusión, en las figuras se han añadido líneas con diferentes colores: En rojo, se han señalado las líneas de convergencia sobre las cadenas montañosas (que se corresponden con profundas inyecciones en altura de las masas de aire superficiales); en azul se indican las zonas de subsidencia compensatoria más extensas; finalmente, con líneas verdes se han identificado los frentes que definen las interfases entre dos masas de aire convergentes y que al provenir de distintas regiones, poseen propiedades termodinámicas y de calidad del aire diferentes. Cabe resaltar que la ubicación de estas zonas de convergencia (identificadas con líneas “verdes”) no está directamente ligada a las “líneas” que definen las cimas de las principales cordilleras y sistemas montañosos, sino al desarrollo espacial de las diferentes circulaciones mesoescalares que se originan en la península. El conjunto de zonas de convergencia, de subsidencia compensatoria y de interfase, constituyen lo que hemos denominado como “estructura interna o estructura fina” de la Baja Térmica Ibérica.

Durante el primer día (26 de Junio) se observan diferentes zonas de subsidencia a lo largo y ancho de la meseta meridional, como compensación a las áreas de convergencia (ascendencia) sobre las cordilleras de sierra Morena, sistemas Béticos, sistema Ibérico, sistema Central y montes de Toledo. Así mismo, también se observa una zona subsidente en la zona central del valle del Ebro (entorno a Zaragoza), flanqueada al Este por las circulaciones de brisa de las costas Mediterráneas, al Sur por el sistema Ibérico, al Norte por los Pirineos y al Noroeste por la perturbación asociada a una borrasca ubicada al Oeste de las Islas Británicas (figura 6.3a).

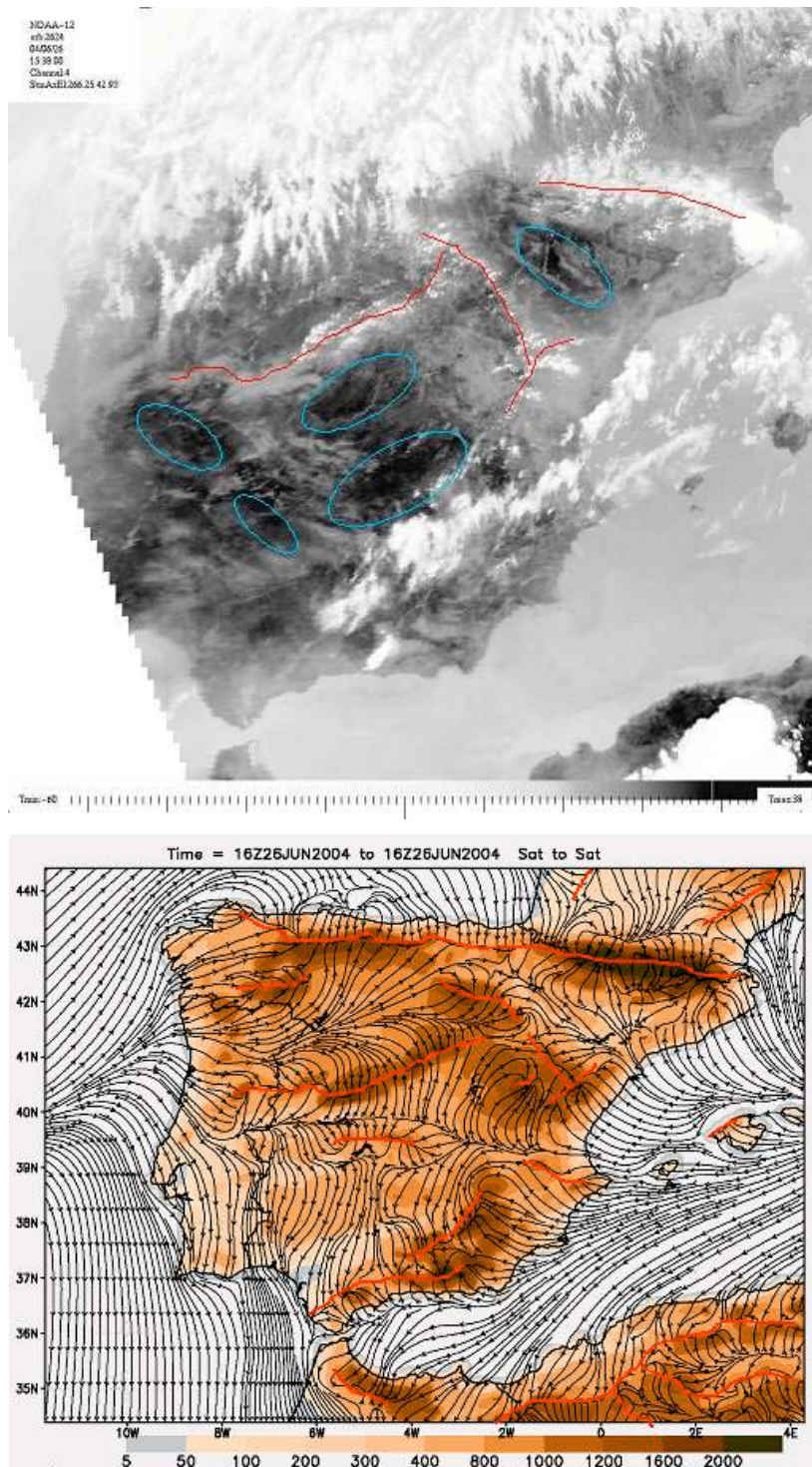


Figura 6.3.a: Arriba: Imagen del satélite NOAA-12, tomada a las 15:38 h. del día 26 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo. En rojo se indican las líneas de convergencia (y ascensión) de las masas de aire sobre las cadenas montañosas y en azul se indican las principales áreas de subsidencia compensatoria. Abajo: Simulación del campo de vientos horizontal (líneas de corriente) a las 16:00 horas del día 26 de Junio de 2004. En rojo se indican las líneas de convergencia simuladas.

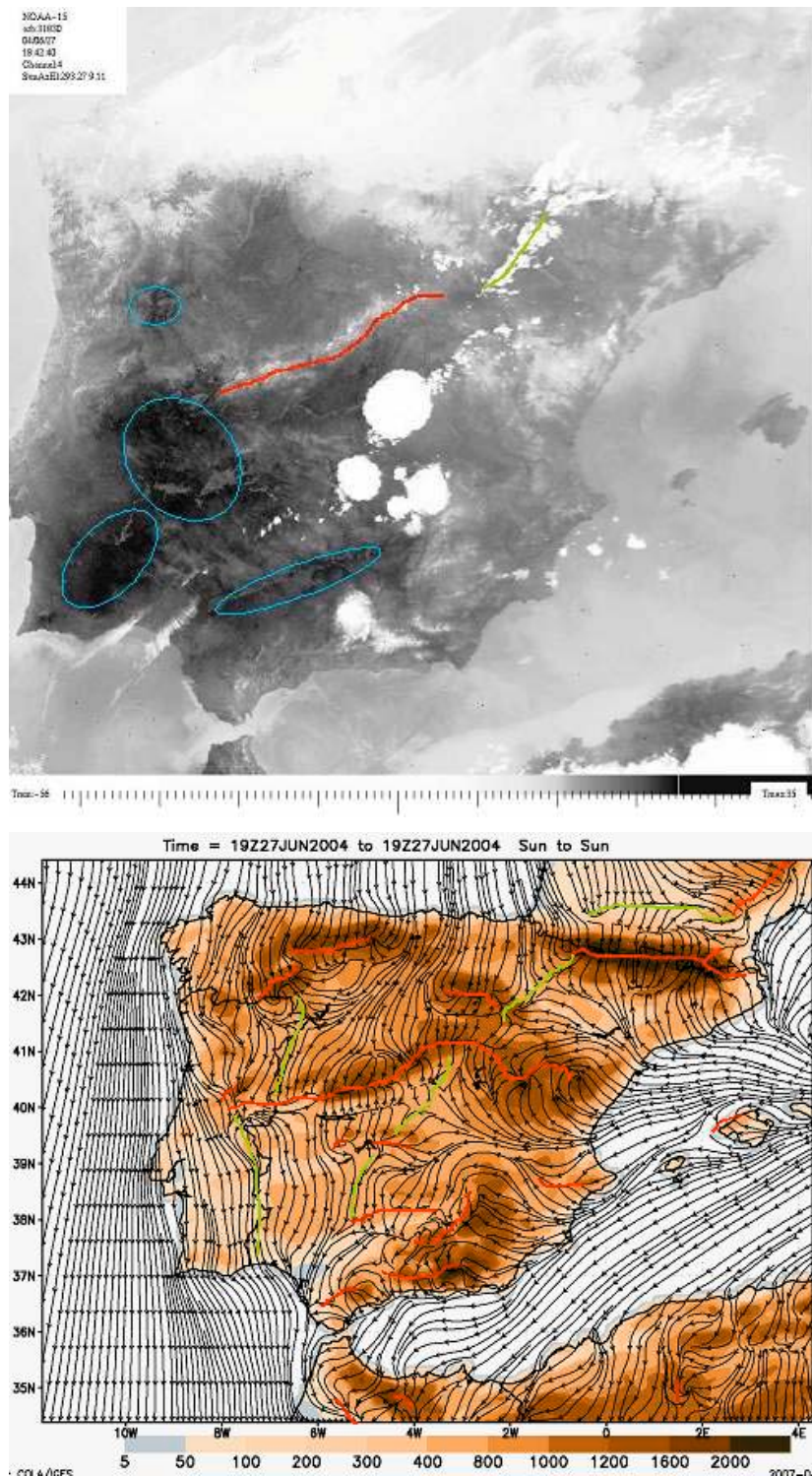


Figura 6.3.b: Arriba: Imagen del satélite NOAA-15, tomada a las 18:42 h. del día 27 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo. En rojo se indican las líneas de convergencia (y ascendencia) de las masas de aire sobre las cadenas montañosas, en verde se identifican los frentes que definen las interfases entre dos masas de aire convergentes (provenientes de distintas regiones), y en azul se indican las principales áreas de subsidencia compensatoria. Abajo: Simulación del campo de vientos horizontal (líneas de corriente) a las 19:00 horas del día 27 de Junio de 2004. En rojo y en verde se indican las líneas de convergencia y frentes simulados.

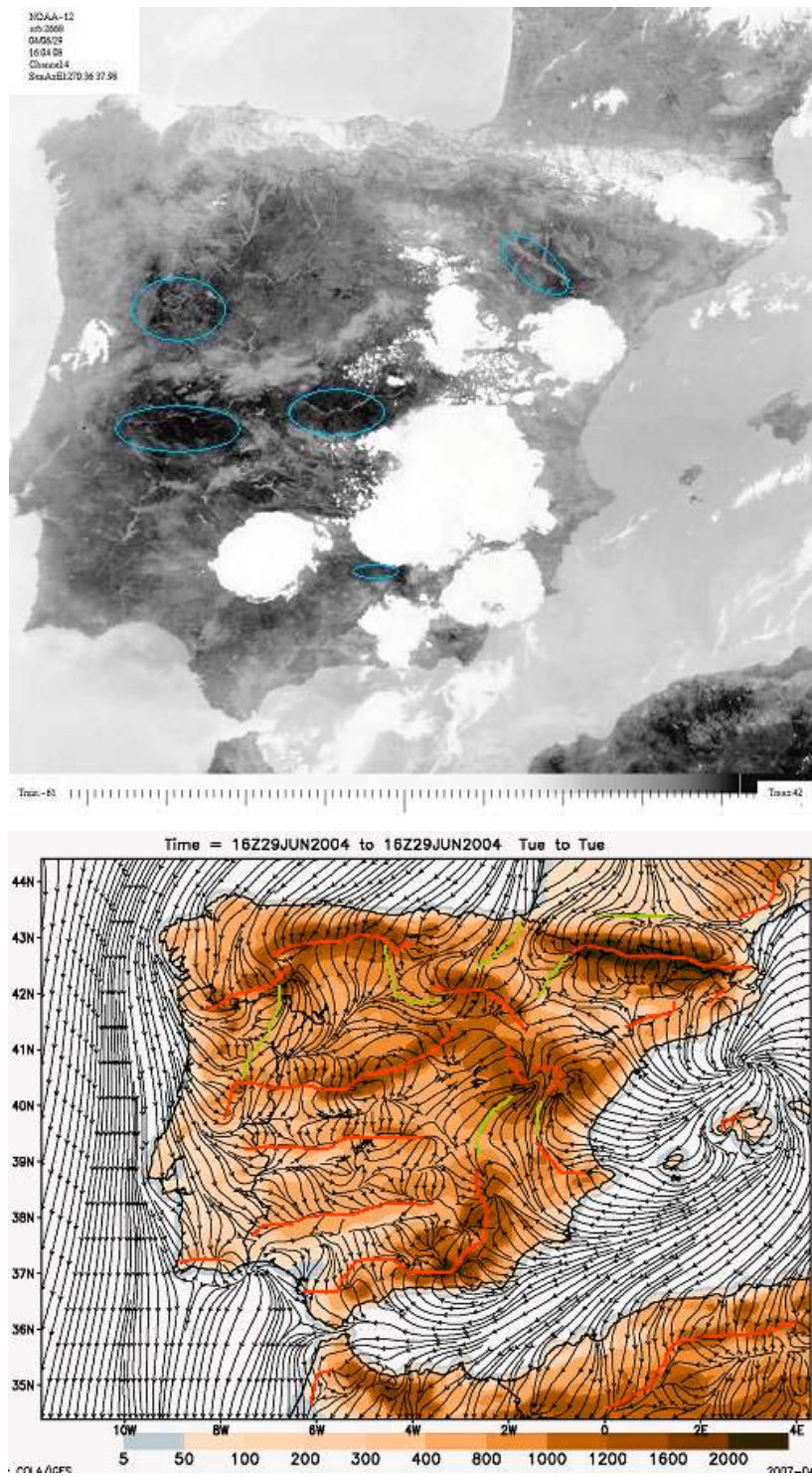


Figura 6.3.c: Arriba: Imagen del satélite NOAA-12, tomada a las 16:04 h. del día 29 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo. En verde se identifican los frentes que definen las interfases entre dos masas de aire convergentes (provenientes de distintas regiones), y en azul se indican las principales áreas de subsidencia compensatoria. Abajo: Simulación del campo de vientos horizontal (líneas de corriente) a las 16:00 horas del día 29 de Junio de 2004. En rojo y en verde se indican las líneas de convergencia y frentes simulados.

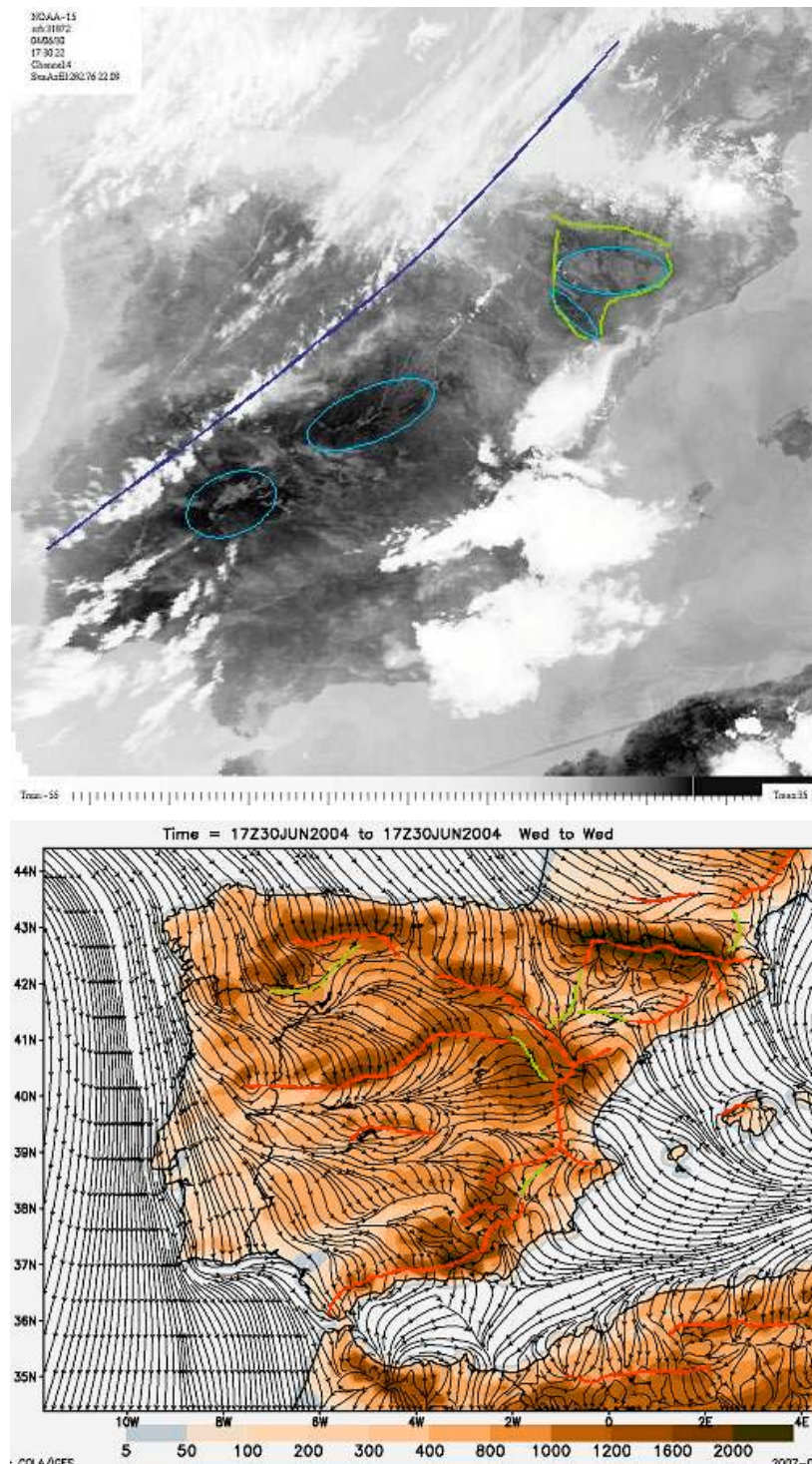


Figura 6.3.d: Arriba: Imagen del satélite NOAA-15, tomada a las 17:30 h. del día 30 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo. En azul se indican las principales áreas de subsidencia compensatoria. Abajo: Simulación del campo de vientos horizontal (líneas de corriente) a las 17:00 horas del día 30 de Junio de 2004. En rojo y en verde se indican las líneas de convergencia y frentes simulados.

El segundo día (27 de Junio), la imagen del satélite es completamente diferente (figura 6.3.b). Por un lado, la perturbación de la borrasca atlántica se ha alejado del Norte peninsular, y se observa con claridad la franja de penetración de las brisas cantábricas,

acumulando nubosidad en todo el área septentrional de la cordillera cantábrica. El desarrollo de estas, posibilita su conexión a través del valle del Ebro, con las brisas procedentes del mediterráneo, formándose pequeños cúmulos en el frente que se forma en la interfase producida entre la masa de aire Cantábrica y la Mediterránea, “interfase peninsular Cantabro-Mediterránea”, indicada con una línea verde en las proximidades de Zaragoza. También se observa un gran desarrollo espacial (tierra adentro) de las brisas mediterráneas a lo largo de toda la costa, introduciéndose estas más allá de las montañas costeras (alcanzando zonas de la meseta meridional más allá de Cuenca y Albacete; tal y como también se observa con las líneas de corriente simuladas).

Hacia el Sur de los montes de León (Zamora) y áreas del Suroeste de España se aprecian extensas regiones subsidentes. Como compensación a las inyecciones en altura (se aprecian formación de tormentas sobre los sistemas Bético y Penibético y al Sur de las montañas de Cuenca) se identifican también zonas de subsidencia compensatoria a lo largo, principalmente, de la zona alta del valle del Guadalquivir. Asociada a estas extensas zonas de subsidencia compensatoria (figuras 6.3.b), en el Sur peninsular se observa una inhibición de las brisas Atlánticas debido a vientos de componente Norte, y cuyo origen (o escala característica) no es achacable directamente a la configuración sinóptica (Anticiclón de las Azores) sino a la estructura el campo de vientos fruto del desarrollo de la Baja Térmica Ibérica (figuras 6.3.b).

Además de la interfase cantabro-Mediterránea y del valle del Guadalquivir, existen otras interfases de masas de aire procedentes de lugares geográficos diferentes; identificados en el mapa de líneas de corriente simuladas con líneas verdes (figuras 6.3.b). Por ejemplo, en la meseta meridional, aparecen claramente diferenciadas las líneas de corriente procedentes (o generadas) a partir de una extensa zona subsidente que sigue (aproximadamente el eje del río Tajo) y las líneas de corriente procedentes de la zona Mediterránea y el Atlántico; en la meseta septentrional existe una convergencia en la interfase entre Castilla-León, Costa Noroccidental Atlántica y costa Cantábrica. Durante los siguientes días se intensifican las (re-)circulaciones mesoescalares, adquiriendo un mayor desarrollo horizontal y vertical.

Una de las características principales de la escasa renovación de las masas de aire bajo condiciones anticiclónicas estivales sobre la Península Ibérica, es la acumulación no sólo de los niveles de concentración de ozono troposférico (identificado en gran parte de las estaciones de calidad del aire en la Península) sino también de vapor de agua procedente de las brisas procedentes de las distintas costas peninsulares. Esta situación provoca habitualmente la aparición de tormentas “explosivas” durante la tarde sobre las cadenas montañosas en las que la convergencia y consecuente inyección en altura adquiere mayor intensidad; tal y cómo ocurrió el día 29 (figura 6.3.c).

Como compensación a estos procesos de inyección y de descarga del vapor de agua acumulado en la atmósfera (con la consecuente “limpieza” de precursores atmosféricos y aerosoles; y la “refrigeración” de la superficie del suelo debida al desarrollo de precipitaciones espacialmente bien delimitadas), se continúan identificando claramente subsidencias compensatorias en la meseta meridional, Norte del sistema Bético, el interior del valle del Ebro y la zona occidental de la meseta septentrional.

Es resaltable que estos procesos de descarga de vapor de agua modifican sustancialmente la estructura interna de la Baja Térmica en aquellas zonas donde se producen estas precipitaciones tormentosas, si bien no consiguen inhibirla (tal y como se puede apreciar observando la secuencia de imágenes de satélite, figuras 6.3.).

El último día del escenario considerado, el 30 de Junio, se continúan produciendo convergencias y subsidencias compensatorias, si bien estas únicamente persisten con un amplio desarrollo espacial en el Norte Peninsular (pese a la inestabilización atmosférica que comienza a registrarse en las capas altas de la atmósfera). En este día 30, cabe resaltar la peculiar configuración del campo de vientos en la cuenca del Ebro; como se puede observar en la imagen de satélite (figura 6.3.d), las cuencas Cantábrica y Mediterránea vuelven a estar desconectadas por circulaciones compensatorias, pero esta vez debido a la peculiar configuración de estructuras mesoescalares en la zona. A partir de la imagen de satélite, y gracias al análisis de la modelización meso-escalar realizada (figuras 6.3.d), se ha identificado dos zonas de subsidencia sobre el valle del Ebro, que separan ambas cuencas marítimas, y que surgen como sendas compensaciones a una peculiar configuración en “Y” de las líneas de convergencia sobre la región oriental del Sistema Ibérico (alimentadas tanto por el frente de la masa aérea procedente del mediterráneo como de la del Cantábrico), la cordillera costera catalana, los Pirineos y el frente de la masa aérea procedente del Cantábrico (sobre la vertical de Zaragoza).

La observación detallada de la secuencia de la estructura del campo de vientos durante este escenario, muestra al área del cabo de Creus como una región con peculiaridades muy específicas (y diferenciables del resto de regiones, incluso de las más próximas). Esta región está bajo la influencia (simultánea o no) de distintos focos de forzamiento mesoescalar del campo de vientos, como son los Pirineos, el golfo de León, la cordillera costera Catalana y el valle del Ebro. Por ello, el origen de las masas de aire sobre esta zona está completamente determinado por la circulación atmosférica fruto del desarrollo de las circulaciones asociadas a alguno (o, simultáneamente, a varios) de estos sistemas y del dominio de alguno de ellos sobre el resto. Así, cabe esperar una gran variabilidad de los niveles de concentración de los distintos contaminantes atmosféricos (incluso en escalas de tiempo inferiores al día) dependiendo del resultado de la sinergia entre estas áreas de forzamiento mesoescalar. Concretamente, hace años ya se identificó al golfo de León como una de las áreas de entrada de masas de aire “continentales” a la cuenca mediterránea occidental, procedentes o bien del Cantábrico y Francia (corredor Pirenaico, figuras 6.2. y 6.3.), o del paso de Carcassonne (corredor del Ródano desde Europa Central⁴).

Como conclusión del estudio de la dinámica atmosférica a gran resolución durante este escenario representativo de elevados niveles de concentración de ozono troposférico a escala peninsular, y en relación a la posibilidad de que existan interconexiones regionales en las masas de aire contaminadas dentro de la Península Ibérica, se han identificado siete áreas geográficas que presentan características especiales, y altamente variables en el tiempo, que pueden determinar la evolución de los niveles de concentración de ozono troposférico dependiendo directamente de la evolución y la configuración de la estructura fina de la Baja Térmica Ibérica:

- a) La depresión topográfica del Ebro, como zona de interfase peninsular Cantabro-Mediterránea.
- b) La meseta Septentrional, como zona de interfase peninsular entre Castilla-León, costa Noroccidental Atlántica y costa Cantábrica.

⁴ En este anexo se presenta sólo un análisis preliminar de la continuidad de las masas de aire y su implicación en los niveles de fondo de contaminación secundaria, por lo que la simulación y el análisis detallado de la peculiaridad del cabo de Creus, considerando por ejemplo la aportación del paso de Carcassonne, no se desarrolla, aunque se recomienda su inclusión en eventuales estudios futuros llevados a cabo con mayor grado de detalle.

- c) La meseta Meridional, como zona de intensa subsidencia compensatoria que regula la penetración de las masas de aire Atlántica y Mediterránea hacia el interior y el Sur Peninsular.
- d) La depresión topográfica del Guadalquivir, como zona de subsidencia compensatoria de Sierra Morena y los sistemas Béticos.
- e) El macizo Gallego, con predominio de masas de aire de origen Atlántico o Cantábrico dependiendo de la configuración, de la intensidad y de la posición del anticiclón Atlántico, de las líneas de convergencia sobre la cordillera Cantábrica y de las de los montes de León.
- f) La franja Mediterránea, con predominio de diferentes circulaciones de brisa con mayor o menor grado de desarrollo espacial sobre la cordillera Penibética, sistema Ibérico y Pirineos, y a lo largo de los valles del Ebro, Túrria, Jucar y Segura. Todas ellas interconectadas y dependientes de la estructura interna de la Baja Térmica Ibérica.
- g) El cabo de Creus, como enclave peninsular sometido a la influencia de distintas áreas de forzamiento mesoescalar: Pirineos, golfo de León (aportaciones de contaminantes desde el Cantábrico y desde el paso de Carcassonne), cordillera costera Catalana y valle del Ebro; y que explican la eventual variabilidad de los niveles de concentración de los distintos contaminantes atmosféricos incluso en escalas de tiempo inferiores al día.

6.2. Estudio preliminar de la continuidad de las masas de aire en la Península Ibérica: Implicaciones en los niveles de concentración de fondo.

Como se indicó al comienzo del primer apartado, las líneas de corriente simuladas con el modelo meteorológico en un instante determinado muestran las líneas tangentes de los vectores velocidad del campo de vientos horizontal en un instante determinado. Para tener una imagen exacta de la evolución simulada de las masas de aire hay que recurrir al empleo de modelos de dispersión que simulen las trayectorias tridimensionales de trazadores químicamente inertes. Gracias al empleo de estos trazadores, es posible identificar los movimientos de las masas de aire que se encuentran en diferentes localizaciones en un instante determinado.

Históricamente se han empleado modelos de retrotrayectorias, que indicaban el origen (localización espacial y temporal) de la masa de aire que se encuentra en una posición geográfica determinada (en un punto) y en un instante de tiempo dado. En la actualidad, gracias al desarrollo de las técnicas numéricas y de la potencia de cálculo disponible, se emplean cada vez con mayor frecuencia modelos de dispersión Lagrangianos que son capaces de simular simultáneamente millones de trayectorias independientes. Así, los resultados obtenidos se pueden interpretar como densidades de probabilidad del origen de la masa de aire en un área determinada, como pueda ser una localidad o una región, ya que normalmente se parte de distribuciones tridimensionales de trazadores (que representan el volumen de aire que se encuentra en una localidad determinada y en un instante dado).

Atendiendo a la estructura del campo de vientos a escala peninsular que se configura en cada escenario de contaminación atmosférica en particular, este tipo de análisis se puede realizar simulando las trayectorias de las masas de aire ubicadas en la vertical de diferentes lugares estratégicos (que pueden variar en cada caso) a lo largo y ancho de la Península (figura 6.4). El análisis de este tipo de simulaciones para distintos casos de estudio,

proporciona una imagen tridimensional de la evolución temporal de las masas de aire y de sus continuidades espaciales resultado de las diferentes configuraciones de la estructura interna de la Baja Térmica Ibérica.

Es necesario tener muy presente que, dirigidas por forzamientos mesoescalares, las condiciones de dispersión en verano sobre la península Ibérica no se ajustan a los “escenarios dispersivos clásicos”, en el sentido de que “tradicionalmente” las características principales de la dispersión se describen como un conjunto de “escenarios dispersivos estacionarios”. Muy por el contrario, desde finales de primavera hasta principios de otoño, el típico escenario dispersivo diurno en la península Ibérica, es una suma (sinérgica) de complejos escenarios dispersivos que evolucionan continuamente como una concatenación temporal de escenarios no estacionarios. Estos escenarios dispersivos evolucionan y se concatenan coherentemente con el desarrollo y evolución del campo de vientos tri-dimensional a escalas que van de lo local a lo regional.

Así, durante los periodos estivales (desde la primavera hasta principios del otoño), se han identificado largos periodos de residencia de las masas de aire en la cuenca mediterránea asociados a movimientos recirculatorios (como, por ejemplo, se muestra en la figura 6.4), y también significativos intercambios de masas de aire entre diferentes focos de emisión antropogénica.

A la hora de interpretar las gráficas que se presentan en este apartado (figuras 6.2 y 6.3) es necesario recordar que las distribuciones son tridimensionales, que las montañas actúan como chimeneas orográficas que inyectan los contaminantes en los flujos de retorno en altura que pueden desplazar los contaminantes rápidamente hacia áreas lejanas, y que las subsidencias compensatorias “hunden” los contaminantes desde las capas altas hacia el suelo, donde estos vuelven a ser advectados por los vientos superficiales según la estructura del campo de vientos.

Como muestra del tipo de análisis a efectuar para estudiar la continuidad de las masas de aire entre grandes focos emisores de precursores, a continuación se presentan algunos de los resultados de un estudio preliminar realizado con trazadores inertes desde el 26 al 30 de Junio, empleando el modelo Lagrangiano de dispersión HYPACT y simulando un millón de trayectorias a lo largo de cinco días en la zona de interfase peninsular Cantabro-Mediterránea (figura 6.5). Considerando de manera desagregada los focos emisores de Bilbao y Valencia (considerando que el resto de grandes focos de emisión antropogénica paralizase totalmente su actividad) se puede hacer una estimación porcentual de la contribución másica de cada núcleo emisor en diferentes áreas geográficas de la Península. Así, por ejemplo, los resultados obtenidos muestran como, de manera coherente a la estructura interna de la Baja Térmica Ibérica descrita en el apartado anterior, las emisiones producidas en Bilbao tienen un papel determinante en los niveles de concentración de fondo tanto en la meseta septentrional como en las costas catalanas y el golfo de León.

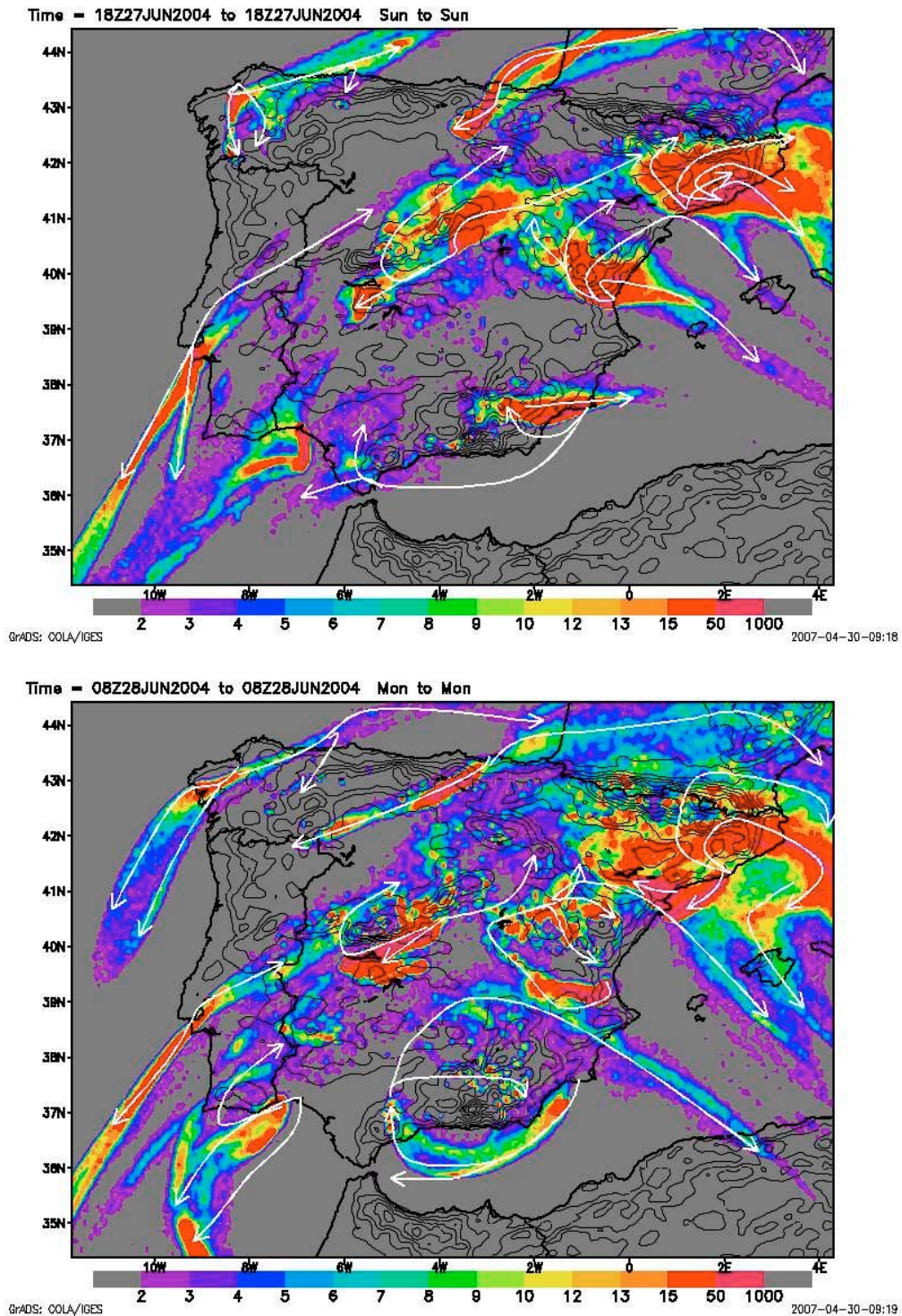


Figura 6.4: Distribución (verticalmente integrada) de emisiones ficticias en los núcleos urbanos de A Coruña, Bilbao, Barcelona, Tarragona, Valencia, Cartagena, Huelva, Lisboa y Madrid; (arriba: después de 36 horas de simulación; abajo: después de 50 horas de simulación). Las flechas blancas indican los caminos de transporte regional más significativos (áreas de influencia más probables de cada núcleo urbano), identificados específicamente entre el 26 y el 28 de Junio de 2004.

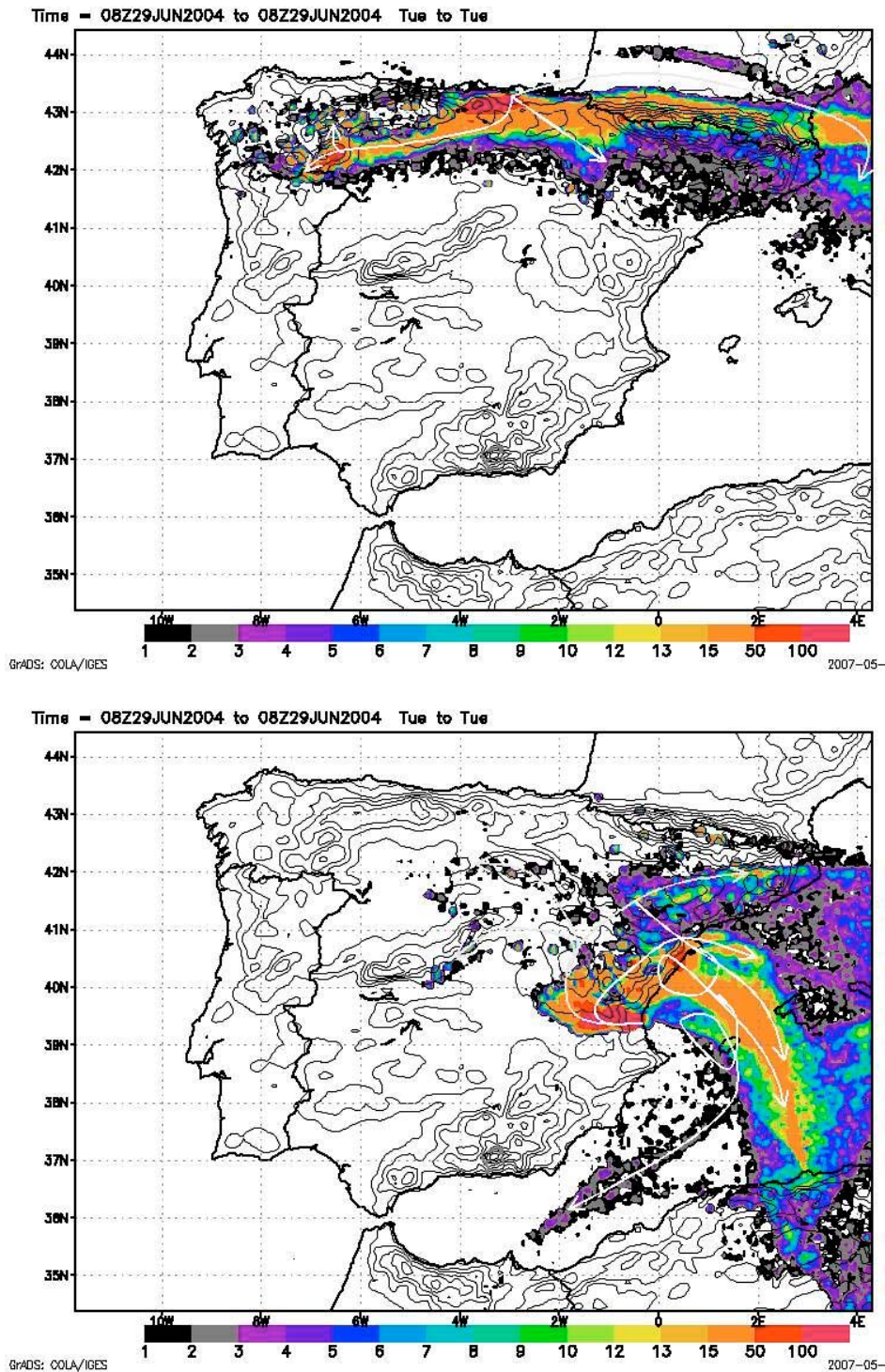


Figura 6.5: Distribución (verticalmente integrada) de emisiones ficticias en Bilbao y Valencia, después de 74 horas de simulación. Las flechas blancas indican los caminos de transporte regional más significativos (áreas de influencia más probables de cada núcleo urbano), identificados específicamente entre el 26 y el 29 de Junio de 2004.

También es destacable la conexión atmosférica a lo largo de toda la franja costera mediterránea occidental (figura 6.5), debido a los procesos recirculatorios de las masas de aire que caracterizan esta cuenca y que le confieren características meteorológicas de escasa ventilación, aun cuando exista un gran recorrido de las masas de aire (recorridos

largos pero con escaso transporte neto desde el foco emisor). Así, el mecanismo de conexión de las concentraciones a lo largo y ancho de las costas del Mediterráneo occidental es el de la recirculación tridimensional (horizontal a lo largo de la costa, y vertical asociado a las inyecciones en altura sobre las cadenas montañosas), y es uno de los responsables de las “concentraciones de fondo” en la cuenca mediterránea occidental (junto con las “entradas” de masas de aire “continentales” a través de, por ejemplo, el paso de Carcassonne al golfo de León o del corredor Cántabro-Mediterráneo).

Tal y como se ilustra en el caso presentado, los movimientos recirculatorios a lo largo de las costas mediterráneas pueden presentar una deriva hacia el Sur desde los focos emisores (figura 6.4) o hacia el Norte (figura 6.5), dependiendo del forzamiento sinóptico, de la estructura interna de la Baja Térmica Ibérica, y de la estructura de las circulaciones mesoescalares del resto de zonas costeras de la cuenca mediterránea occidental.

Así, por ejemplo, se observa cómo en días consecutivos las brisas llevan tierra adentro las masas de aire que una vez inyectadas en altura son retornadas sobre el mar desplazadas hacia el Sur (figura 6.4) o hacia el al Norte del foco costero emisor (figura 6.5), retornando de nuevo (una parte de estas) tierra adentro días después de haber sido emitidos a la atmósfera sus precursores.

Respecto a la continuidad de las masas de aire, y las implicaciones que esta tiene en lo niveles de concentración de fondo, el escenario analizado ilustra cómo, por ejemplo, la mayor parte de las emisiones de Cartagena son transportadas sobre el mar hacia el estrecho de Gibraltar (figura 6.4), y cómo parte retornan tierra adentro por las costas de Málaga, retornando en altura sobre Alicante antes de ser definitivamente advectadas hacia Argelia. Adicionalmente, en este escenario de Junio de 2004, una parte de las emisiones de Valencia (figura 6.5) afecta, dos días después de la emisión, el área de Castellón y del Delta del Ebro antes de ser definitivamente advectada en altura hacia las costas de Argelia.

La propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa, se refiere a la necesidad de designar “zonas” dentro del territorio de cada Estado miembro para llevar a cabo la evaluación y la gestión de la calidad del aire. Estas zonas, dadas las características meteorológico-dispersivas de la península Ibérica, deberían concebirse y definirse de manera coordinada entre los diferentes organismos competentes y comunidades autónomas, de manera paralela a como se plantea la problemática de la contaminación transfronteriza entre diferentes Estados. Por ello, uno de los criterios debería de ser el de la continuidad de las masas aéreas y el establecimiento de las áreas de influencia de las distintas áreas emisoras bajo distintas condiciones meteorológicas.

Por otro lado, el concepto de niveles de concentración de fondo no debería considerarse como un concepto “absoluto” y “atemporal”, desligado de las peculiaridades topográficas y meteorológicas del entorno a centenares de kilómetros; y tendría que ampliarse a una concepción “dependiente” y “variable”; en el que un mismo lugar de muestreo pueda tener distintos niveles de fondo para un mismo contaminante, todos ellos dependientes de la meteorología y especificidad dispersiva de la zona. En el entorno mediterráneo debe considerarse la medida del nivel de concentración de fondo de un contaminante como un muestreo “local”, resultado de una configuración específica del campo de vientos a escalas del orden de centenares de kilómetros (y que es altamente variable en el tiempo, incluso en escalas de tiempo inferiores al día).

6.3. Simulación meteorológica a alta resolución del entorno de la ciudad de Valladolid.

En este apartado es continuación del análisis presentado en el apartado anterior. Se describe, mediante simulación numérica a alta resolución espacio-temporal, la (re)circulación vertical de las masas de aire en la cuenca de Castilla-León (específicamente sobre el entorno de la ciudad de Valladolid) bajo condiciones estivales de formación de Baja Térmica Ibérica en el periodo comprendido entre el 26 y el 30 de Junio de 2004.

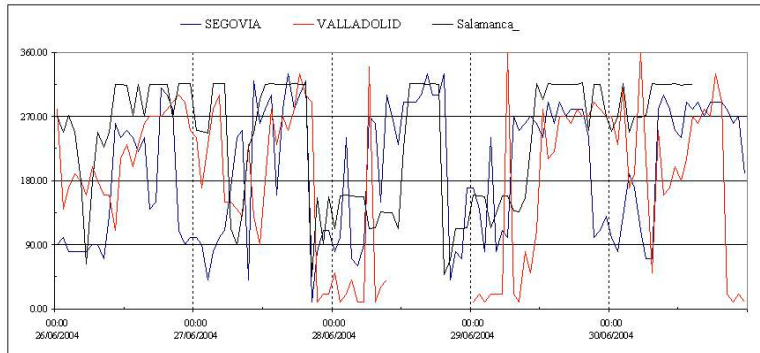


Figura 6.6: Dirección del viento, durante los días seleccionados en tres emplazamientos distintos de la mitad septentrional del interior de la Península Ibérica. Estas series temporales ilustran los ciclos diarios del campo de vientos durante esta semana de junio.

Bajo las condiciones meteorológicas de este periodo, en las que el campo de vientos a escala local está fuertemente determinado por los forzamientos orográficos en el interior de la Península Ibérica, se optó por efectuar las simulaciones numéricas empleando un modelo meteorológico no hidrostático (RAMS), que pudiera resolver la dinámica atmosférica asociada a esos forzamientos.

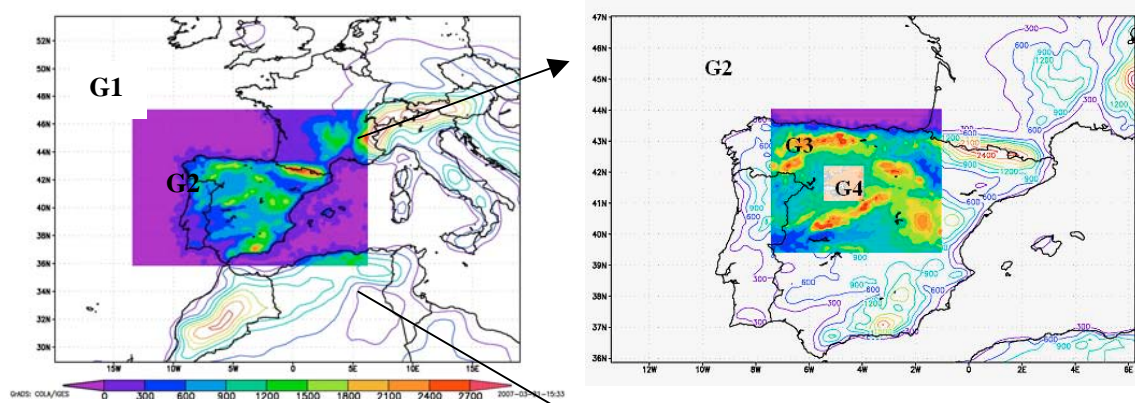


Figura 6.7: Configuración “2-way” de los cuatro dominios de los modelos meteorológico (RAMS) y dispersivo (HYFACS), centrados en Valladolid. La resolución horizontal en cada malla (G1, G2, G3 y G4) es, respectivamente, 54, 13.5, 4.5 y 1.5 kilómetros. Para cada uno de los cuatro dominios, se ha empleado una configuración con 60 niveles (alturas) diferentes en la vertical (veinte en los primeros mil metros).

Para realizar un adecuado acoplamiento entre las distintas escalas meteorológicas, el modelo RAMS fue configurado con 4 mallas anidadas y retroalimentadas (anidamiento “2-way”), llegando a 1.5 km de espaciado de malla en el dominio interior (figura 6.7). Se configuraron los dominios de manera que estos estuvieran centrados en Valladolid, y que el de mayor resolución abarcara un área de unos 130x130 kilómetros. En la vertical, en el modelo se definieron un total 60 niveles, 20 de ellos en los primeros mil metros de altura.

a) Estrategia de simulación meteorológica y dispersiva a alta resolución espacio-temporal con trazadores de oportunidad

Con el fin de describir mediante simulación numérica la circulación de las masas de aire sobre el entorno de la ciudad de Valladolid, se ha optado por el empleo de trazadores de oportunidad (inertes) que representen, cada uno de ellos, un volumen infinitesimal de aire. Para ello, acoplado con el modelo meso-meteorológica RAMS, se ha empleado un modelo de dispersión Lagrangiano (HYPACT) que, mediante el uso de estos trazadores (“partículas lagrangianas”), permite caracterizar la dinámica atmosférica (advección, recirculaciones, fumigaciones, estratificaciones) en el periodo simulado.

En la simulación se ha caracterizado la masa de aire presente sobre la ciudad de Valladolid en dos instantes de tiempo: El primero correspondiente a las 00:00 h. del día 28, y el segundo a las 12:00h. del día 28. El volumen de aire caracterizado mediante partículas lagrangianas es el mismo en ambos casos: un rectángulo de superficie 5x8 Km² y de 15 metros de espesor. El centro de este volumen de aire se encuentra a una altura de 15 metros sobre el nivel del suelo (en la vertical del centro de la ciudad de Valladolid). La masa de aire, en cada uno de los dos instantes seleccionados, se ha representado por un total de 300000 partículas.

FUENTE	
Forma	Rectangular
Localización (Lat/Lon) (grados)	41.655000/-4.730000
Superficie (metros ²)	5000x8000
Volumen (metros ³)	4.0E+08
Partículas totales por Fuente	300000
Masa por partícula	9.9999998E+10 µg/partícula
Caudal de emisión	1250000 µg/m ³ /s
	4.9999999E+14 µg/s
Masa total emitida	3.0000001E+16 µg
Partículas totales	600000

Cada masa de aire, representada las partículas, es advectada por el modelo HYPACT (siguiendo los campos de viento suministrados por el modelo RAMS), de manera que para cada hora podemos analizar la distribución espacial de la masa de aire que en un instante inicial estaba sobre la ciudad de Valladolid.

	MASA DE AIRE 1	MASA DE AIRE 2
	Tiempos de emisión	Tiempos de emisión
Comienzo (segundos)	86400	172800
Fin (segundos)	86460	172860
Duración (segundos)	60	60
Paso de Tiempo (segundos)	300	300
Número de Pasos de Tiempo	1080	1080

La utilidad de este procedimiento reside en la posibilidad de describir la evolución temporal y tridimensional de las masas de aire (eventualmente contaminado) y así poder inferir el comportamiento de los contaminantes emitidos en ese volumen de aire (aunque no se conozcan los factores de emisión de contaminantes atmosféricos). Los resultados que se obtengan no estarán asociados a valores de concentración de contaminantes, más bien

deberán analizarse en términos dinámicos (fumigaciones sobre la superficie de masas de aire en altura, estratificaciones, evolución temporal de las zonas geográficas de afección de las masas de aire que están en horas antes sobre la ciudad de Valladolid, etc.). La figura 6.8 muestra, a modo de ejemplo, la distribución tridimensional de la “masa de aire 1” dos horas después del instante inicial.

En la simulación se ha considerado que, en el instante inicial, la masa total de aire a advectar desde el volumen definido sobre la ciudad de Valladolid es de $3.0E+07$ Kg (ver tabla de la definición de la fuente). A partir de esta masa total, inicialmente contenida en un volumen de $4.0E+08$ m³, la escala de las concentraciones en superficie de la figura 6.8 esta expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el volumen tridimensional representa la isosuperficie de 1 ppm. Así, se puede comparar y analizar la distribución espacial de la masa de aire en términos relativos, siempre en relación con el total de la masa considerada en el instante inicial.

En este tipo de figuras, arriba se representa el campo de “concentraciones” a nivel de superficie, con indicación del instante de tiempo y la fecha a la que se corresponde. Abajo aparecen dos vistas de la distribución tridimensional de la masa de aire para el mismo instante de tiempo. Así, a la izquierda se presentará una proyección (vista prácticamente alzado desde el Suroeste de Valladolid) de la distribución sobre la Península Ibérica; y a la derecha se mostrará un detalle (zoom) de la “planta” de la misma distribución.

La distribución tridimensional de la masa de aire 1 siempre se representará en color verde, mientras que la de la masa de aire 2 en color naranja (figura 6.12).

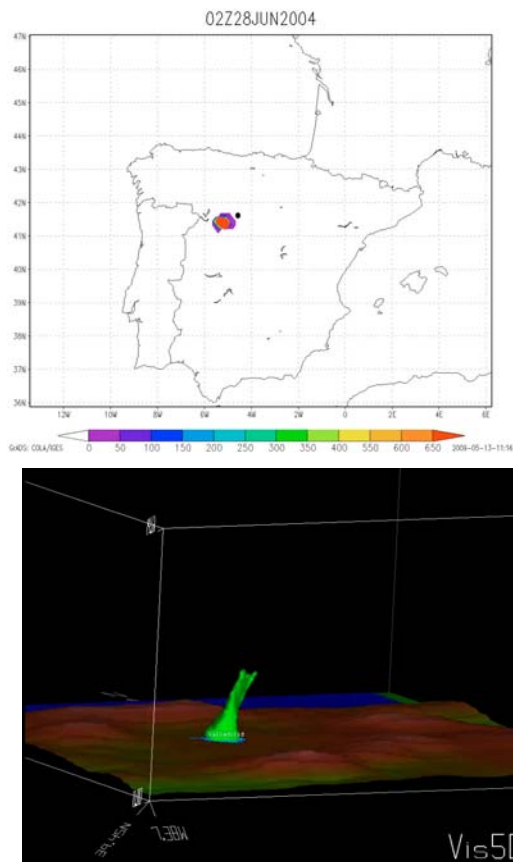


Figura 6.8: Simulaciones con el modelo Lagrangiano; las tres imágenes se corresponden con tres puntos de vista distintos de la misma distribución de la masa de aire. Arriba, campo de “concentraciones” en superficie; el punto representa la localización inicial de la emisión (ciudad de Valladolid). Abajo-izquierda, proyección de la distribución tridimensional sobre la Península Ibérica de la masa de aire (alzada, vista desde el Suroeste de Valladolid) que dos horas antes, a las 00:00 h. del día 28 de Junio de 2004, estaba sobre Valladolid. Abajo-derecha, detalle en planta (con zoom) de la distribución “a vista de pájaro” mostrada a la izquierda.

En este instante de tiempo en particular, dos horas después del instante inicial de la masa de aire 1 (figura 6.8), se observa la fuerte cizalladura vertical del campo de vientos. Mientras en las capas más próximas a la superficie la masa de aire que dos horas antes se encontraba sobre la ciudad de Valladolid, se desplaza en las cotas más bajas hacia el Oeste de la ciudad mientras que en altura la advección es hacia el Noreste.

b) Análisis del escenario seleccionado empleando simulaciones a alta resolución espacio-temporal

Como ya se argumentó en el apartado 6.2 durante este periodo hay evidencias (a partir de imágenes obtenidas desde satélites, de las torres meteorológicas, de las distintas redes de calidad del aire en la Península Ibérica, etc.) de que las masas de aire troposférica sobre la Península están recirculando verticalmente forzadas por el desarrollo de la baja térmica Ibérica (desarrollo de brisas diurnas acopladas con convergencias de las corrientes de viento a lo largo de las principales cordilleras montañosas).

El aire, en su movimiento ascendente, tiende a expandirse y, por tanto, a enfriarse. Así, si la masa de aire que asciende es húmeda, el vapor de agua que contenga tenderá a condensar a partir de la altura en la que se alcance la temperatura del punto de rocío, formando cúmulos-nimbos (tal y como aparece en las imágenes de satélite a lo largo de las cordilleras montañosas en las horas centrales del día y por la tarde, figura 6.9). Paralelamente, en su movimiento descendente (de subsidencia), la masa de aire tiende a calentarse y a secarse (pérdida de humedad relativa). Las imágenes en infrarrojo desde satélites muestran zonas “calientes” (o más “oscuras”) en aquellas áreas en las que se producen estos movimientos descendentes de aire. Generalmente estos se producen en áreas adyacentes a las cimas de las cordilleras, como mecanismos compensatorios (subsidentes) a las inyecciones verticales (ascendencias) de las masas de aire superficiales.

Las simulaciones a alta resolución efectuadas con el modelo meteorológico muestran zonas con elevadas velocidades de ascendencia y de hundimiento ligadas a las cadenas montañosas (figuras 6.9 y 6.10). Durante la noche, las velocidades verticales negativas (hundimientos, representados con líneas azules, figura 6.9) están localizadas en las pendientes de los valles (drenajes nocturnos). La estabilidad atmosférica, y por tanto el desacoplamiento entre las masas de aire más próximas al suelo y las de altura, se pone de manifiesto por las bajas velocidades verticales (entorno a cero). Durante el día, se han simulado velocidades verticales ascendentes muy importantes (a las 16:00 h. de hasta $50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$), principalmente localizadas sobre las cimas de las cadenas montañosas y en las costas (brisas de mar). Las velocidades ascendentes (líneas azules en la figura 7) se extienden horizontalmente mucho menos que las áreas con velocidades descendentes (líneas rojas, con velocidades negativas de hasta $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) localizadas siempre o sobre el mar o tierra adentro, entre dos zonas de ascendencia (sobre los valles, mesetas, etc.)

Como ya se describió en el apartado 6.2, las ascendencias son el resultado de convergencias del campo de vientos horizontal y las subsidencias (velocidades verticales descendentes) con zonas de divergencia del campo de vientos horizontal (“aparición” de líneas de corriente sobre los valles y mesetas).

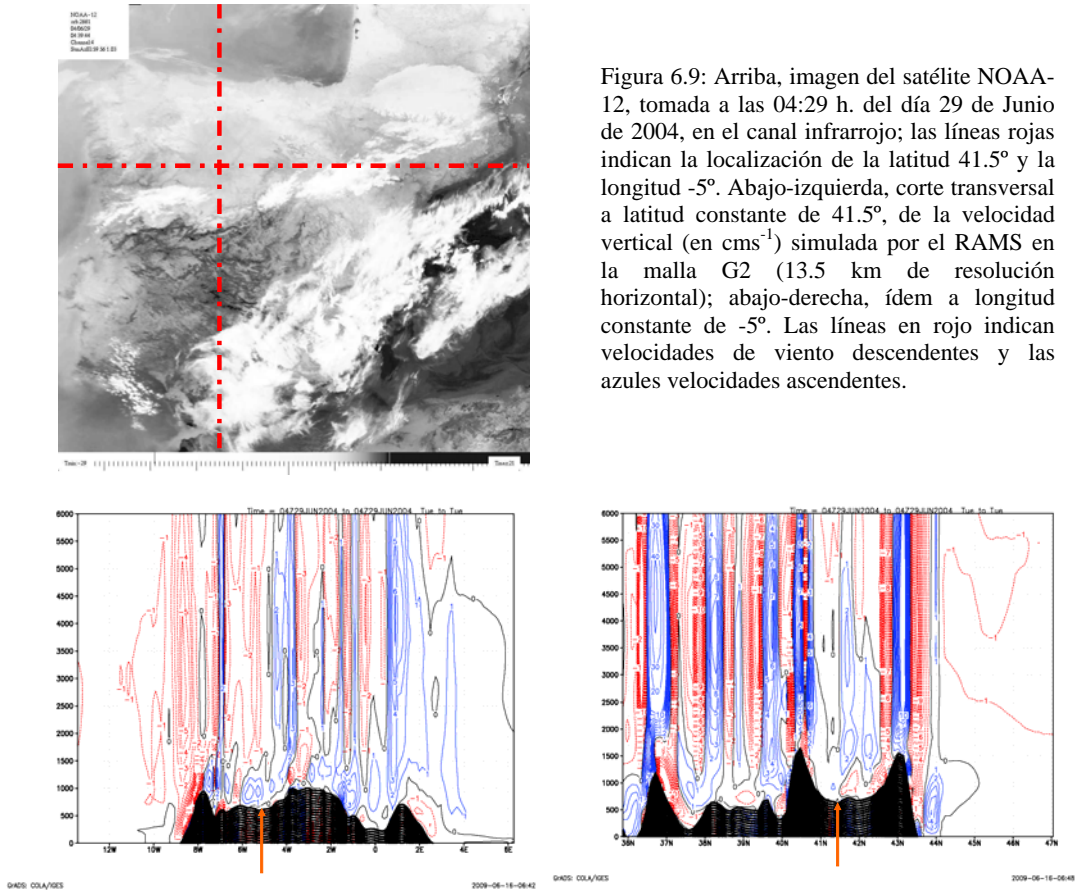


Figura 6.9: Arriba, imagen del satélite NOAA-12, tomada a las 04:29 h. del día 29 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo; las líneas rojas indican la localización de la latitud 41.5° y la longitud -5°. Abajo-izquierda, corte transversal a latitud constante de 41.5°, de la velocidad vertical (en cm s^{-1}) simulada por el RAMS en la malla G2 (13.5 km de resolución horizontal); abajo-derecha, ídem a longitud constante de -5°. Las líneas en rojo indican velocidades de viento descendentes y las azules velocidades ascendentes.

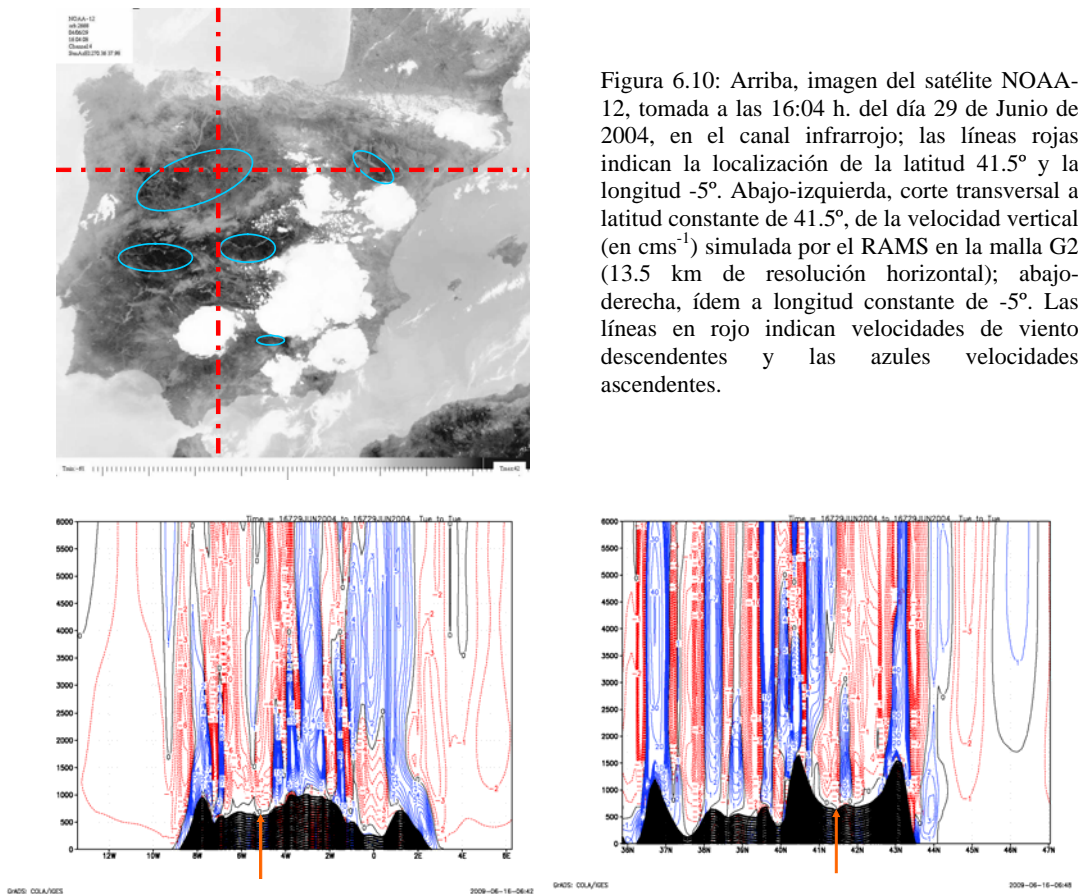


Figura 6.10: Arriba, imagen del satélite NOAA-12, tomada a las 16:04 h. del día 29 de Junio de 2004, en el canal infrarrojo; las líneas rojas indican la localización de la latitud 41.5° y la longitud -5°. Abajo-izquierda, corte transversal a longitud constante de 41.5°, de la velocidad vertical (en cm s^{-1}) simulada por el RAMS en la malla G2 (13.5 km de resolución horizontal); abajo-derecha, ídem a longitud constante de -5°. Las líneas en rojo indican velocidades de viento descendentes y las azules velocidades ascendentes.

Esta distribución espacial de velocidades verticales, junto con el campo de vientos horizontal, es la causante de la redistribución de contaminantes atmosféricos emitidos desde la superficie. Por ello, al analizar la evolución diaria de las masas de aire, caracterizando advecciones (horizontales) hacia las cadenas montañosas, ascensiones sobre ellas, retornos de las masas de aire en altura sobre la vertical de las zonas donde se encontraban las masas de aire horas antes y, finalmente, subsidencia (o descenso) de esas masas de aire con fumigaciones en superficie, se está poniendo en evidencia la posible recirculación vertical de contaminantes atmosféricos en la cuenca de Castilla y León bajo condiciones de formación de Baja Térmica Ibérica.

Con la secuencia de imágenes seleccionada 6.8 a 6.17, se pretende ilustrar la evolución de la masa de aire 1 (en color verde) durante 45 horas y de la masa de aire 2 (en color naranja) durante 33 horas, poniendo de manifiesto la evolución diurna y diaria de las fumigaciones, y de los desacoplamientos, de las masas de aire en altura con el suelo.

Ocho horas después de la emisión de la masa de aire 1 (figura 6.11), se evidencia aún más la cizalladura vertical del campo de vientos, con concentraciones en superficie al Suroeste de Valladolid y una distribución desacoplada del suelo extendiéndose hacia el Noreste.

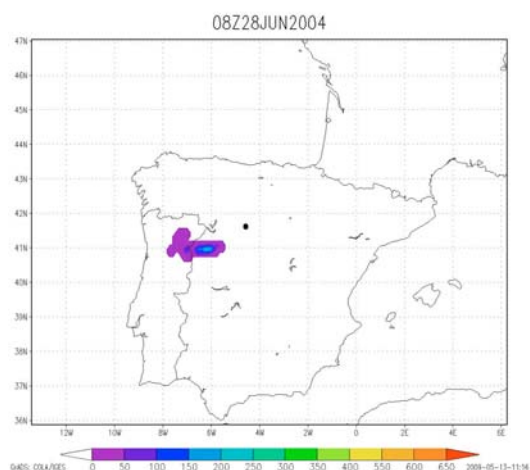
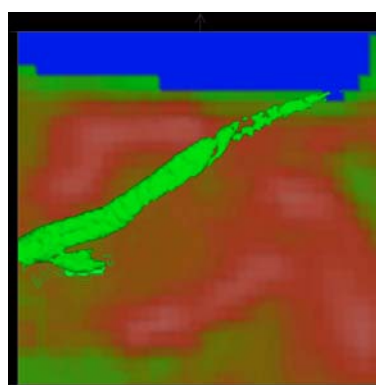
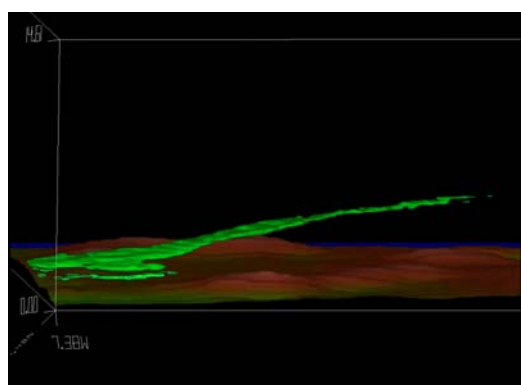


Figura 6.11: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 08:00 h. del día 28 de Junio de 2004. Distribución de imágenes e interpretación de las imágenes idénticas a la descrita en la figura 6.8



Con la actividad convectiva, a las 13 h. (figura 6.12), las concentraciones en el suelo son mayores (turbulencia convectiva) y se rompe la continuidad de la distribución de la masa de aire 1 en altura. A las 12:00 h. comienza a ser dispersada la masa de aire 2 (representada en color naranja, figuras 6.12 y siguientes). En la figuras 6.12-abajo (izquierda y derecha) se observa tanto la distribución de concentraciones en altura (mayores a 1 ppm) de las

masas de aire 1 (color verde) y 2 (color naranja), así como sus correspondientes fumigaciones en superficie (isolíneas, también de colores verde y naranja, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

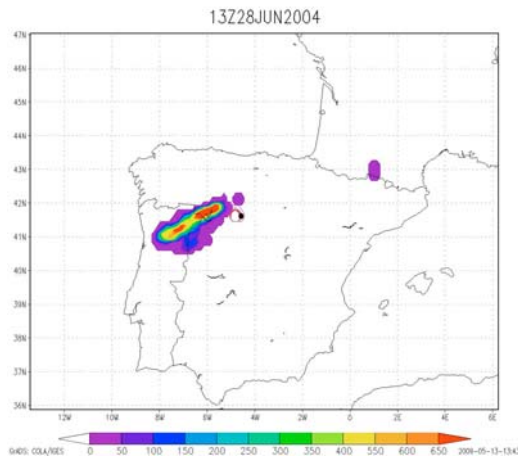
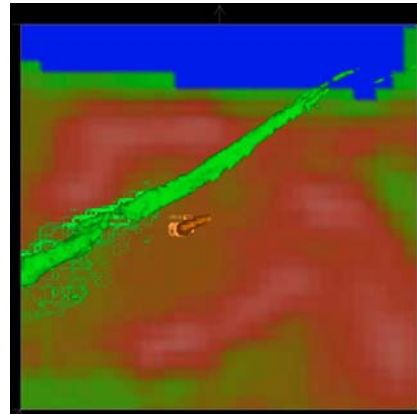
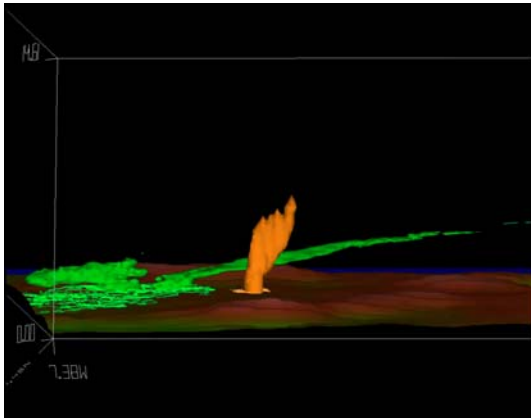


Figura 6.12: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 13:00 h. del día 28 de Junio de 2004. Arriba, en líneas de isoconcentración, se representan las concentraciones en superficie de la masa de aire 2; en sombreado a color las de la masa de aire 1. Abajo, en color naranja la distribución tridimensional de la masa de aire 2; en color verde, las de la masa de aire 1, también se representan (en isolíneas de colores verde y naranja) las zonas de fumigación de las masas de aire 1 y 2 respectivamente.



Dieciséis horas después de la emisión de la masa 1 (figura 6.13), se observan diferentes estratos, con fumigaciones heterogéneas en una amplia zona geográfica. Por simplicidad de la imagen, la distribución tridimensional de la masa de aire 2 no se ha representado en el alzado de la figura 6.13, aunque sí en la planta (figura 6.13, abajo-derecha).

Por la noche, figura 6.14, las masas de aire se desacoplan del suelo, aunque en altura se mantienen los niveles de concentración superior a 1 ppm, y sólo se registran fumigaciones en el suelo principalmente en zonas montañosas (asociado a turbulencias mecánicas). La estratificación se intensifica conforme avanza la noche y ya de madrugada, el modelo es capaz de simular la masa de aire 1 completamente desacoplada del suelo en diferentes áreas y formado varios estratos en altura (28 horas después de ser emitida) y sobre la vertical de Valladolid.

Estos estratos, con la actividad convectiva del día siguiente comienzan a fumar sobre y entorno a la ciudad de Valladolid (figuras 6.15 y 6.16). Conforme la actividad convectiva va incorporando y mezclando las masas de aire estratificadas en altura, estas van “desapareciendo” y se va generando un campo de concentraciones en superficie heterogéneo y de gran extensión espacial.

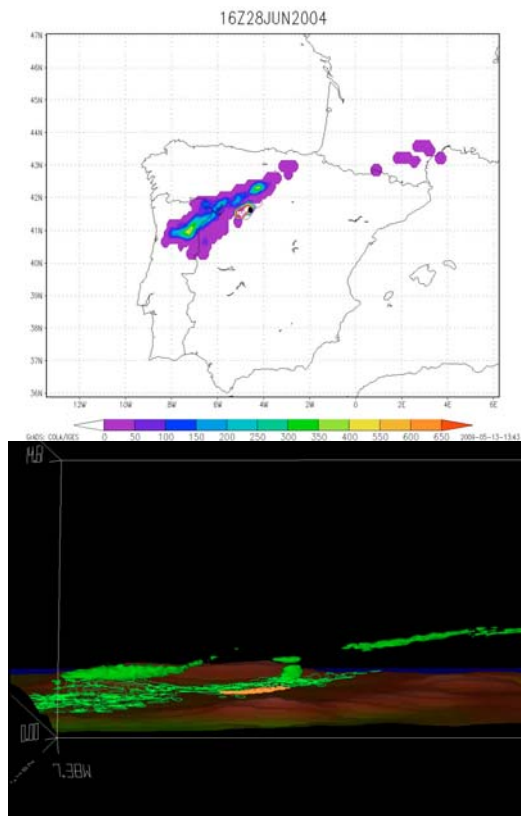


Figura 6.13: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 16:00 h. del día 28 de Junio de 2004. Abajo-izquierda, por motivos de "visibilidad" no se ha representado la distribución tridimensional de la masa de aire 2, sólo su impacto en el suelo; sí que se han representado ambas distribuciones en la imagen de abajo-derecha.

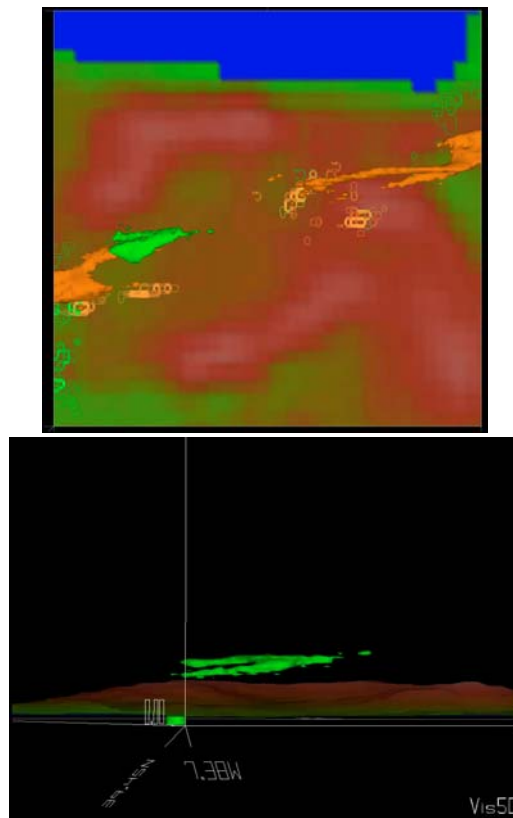
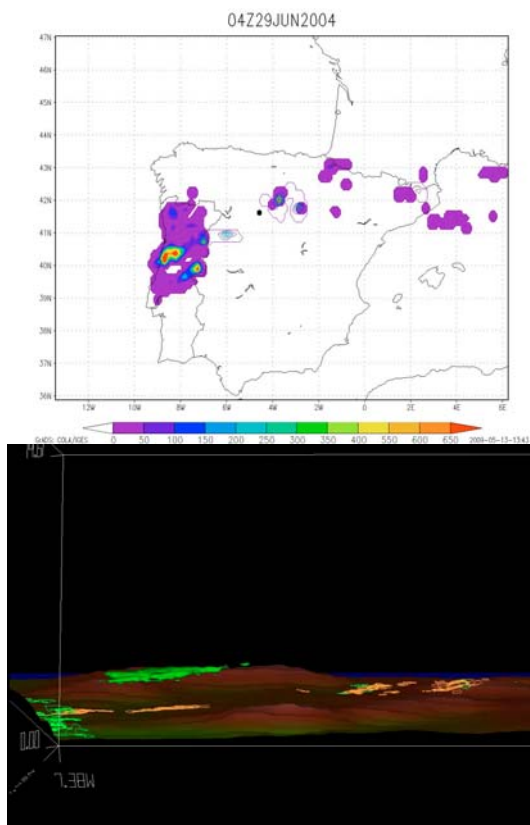
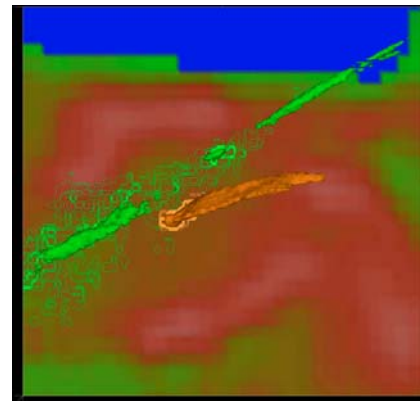


Figura 6.14: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 04:00 h. del día 29 de Junio de 2004. Abajo, detalle (zoom) de la estratificación de la masa de aire 1 (emitida 28 horas antes sobre Valladolid).

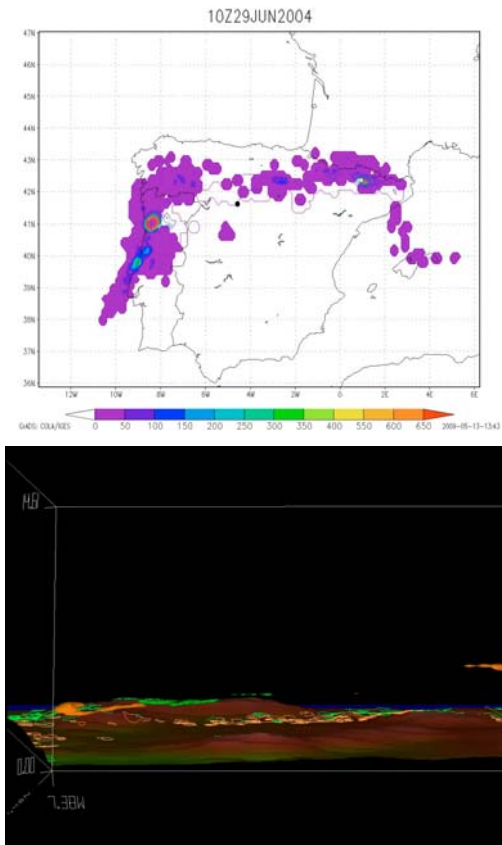


Figura 6.15: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 10:00 h. del día 29 de Junio de 2004.

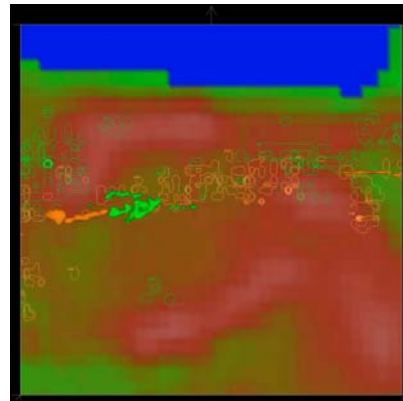
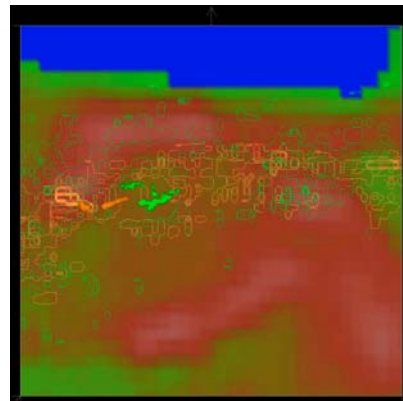
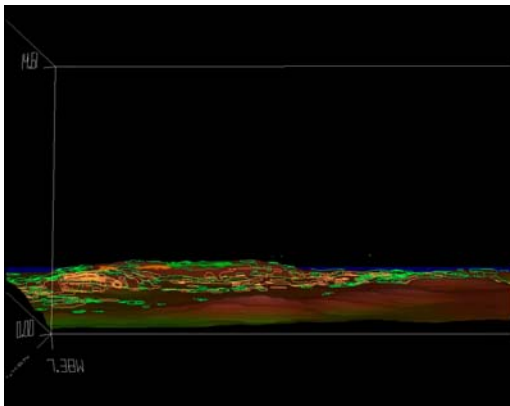


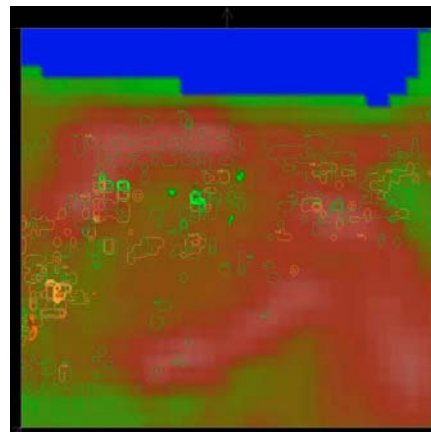
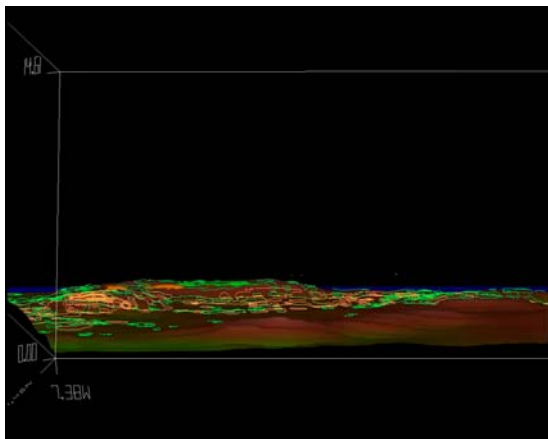
Figura 6.16: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 13:00 h. del día 29 de Junio de 2004.



En la simulación efectuada, la noche del día 29 (figura 6.17) se forman nuevamente pequeños estratos desacoplados del suelo que contienen concentraciones superiores a 1 ppm de la masa de aire 1 y 2 (emitidas 46 y 34 horas antes, respectivamente), mientras que en superficie quedan restos de las masas de aire 1 y 2 fumigadas durante las horas previas con actividad convectiva. Durante el día siguiente (no se enseñan estas figuras), estos estratos simulados vuelven a fumar en el área de Valladolid, hasta desaparecer por completo. Los estratos de la masa de aire 1 (figura 6.14) se corresponden con la masa de aire 1 (emitida a nivel del suelo, ver tabla de emisiones, sobre la ciudad de Valladolid dos días antes, figura 6.8), que durante el primer día fueron inyectadas en altura y advectadas hacia Sureste de Valladolid desacoplándose del suelo (figuras 6.11 a 6.14), y que finalmente retornaron hacia la zona de Valladolid fumigando, debido a la actividad convectiva del día 29 de Junio, sobre una amplia zona de la meseta de Castilla-León (figuras 6.15 a 6.17).



Figura 6.17: Simulaciones con el modelo Lagrangiano a las 21:00 h. del día 29 de Junio de 2004.



Con esta secuencia de imágenes se pone de manifiesto cómo el modelo meteorológico acoplado a un modelo de dispersión lagrangiano describe la dinámica de recirculación vertical de las masas de aire en la meseta de Castilla-León.

Se han identificado como aspectos clave que rigen esta dinámica: la formación de la Baja Térmica Ibérica que posibilita el desarrollo de circulaciones térmicas con gran desarrollo espacial, la distribución topográfica de la cuenca (determinante de la formación de las

líneas de convergencia que determinan el campo de vientos horizontal), la evolución diaria de los mecanismos de subsidencia compensatoria (determinantes del acoplamiento/desacoplamiento de las masas de aire en altura y en superficie, y de la formación de estratos), la cizalladura vertical del campo de vientos (determinante de la distribución heterogénea de las fumigaciones a lo largo de diferentes días desde la emisión), el confinamiento de las masas de aire en la cuenca (determinante de una baja renovación de las masas de aire que posibilita la permanencia de contaminantes en una misma área a lo largo de varios días bajo condiciones de fuerte insolación).

7. Optimización de las herramientas de evaluación.

La optimización de las redes de calidad del aire en España, orientadas en su origen a la vigilancia de los niveles de contaminantes en los entornos de grandes emisiones (áreas urbanas e industriales), ha de servir sobretodo para la mejora de su cobertura espacial, abarcando no solo estas áreas donde se concentran las emisiones y la población, sino también el resto del territorio, donde se detectan los mayores niveles de ozono, y donde los objetivos de protección a la salud humana y de protección a la vegetación son también de aplicación.

La evaluación del ozono implica diferencias sustanciales en las estrategias de medida, debido al comportamiento en muchos aspectos opuesto de este contaminante de carácter secundario respecto a otros contaminantes de carácter primario. Al contrario que los NO_x, por citar otro contaminante que junto al ozono presenta un número significativo de superaciones de los valores límite establecidos, el ozono se encuentra generalmente en concentraciones elevadas fuera de las áreas de emisión de sus precursores, en ocasiones en áreas rurales alejadas de estas, y durante primavera y verano (en otoño-invierno en el caso de los NO_x), cuando la actividad fotoquímica en la atmósfera es mayor.

La metodología propuesta va encaminada a encontrar el **número y la distribución óptima de estaciones** de una red automática de medida en continuo de la calidad del aire, según los criterios establecidos en el RD 1796/2003, relativo al ozono troposférico. Uno de estos criterios es el uso de la zona como unidad de gestión de la calidad del aire. La **zonificación** es un elemento clave en la vigilancia y el control de la contaminación, porque condiciona la distribución de estaciones, y en general toda la gestión posterior de la calidad del aire.

El criterio de zonificación debe basarse en la identificación de cuencas aéreas (entendiendo cuenca aérea como área geográfica definida por la orografía en la cual los niveles de contaminantes están influidos fundamentalmente por las mismas fuentes y por los mismos procesos de transporte de la masa aérea desde dichas fuentes), dentro de las cuales se debe procurar separar zonas de calidad del aire equivalente. De esta forma la medida en emplazamientos representativos dentro de estas zonas proporciona un conocimiento real de la situación de la calidad del aire en todo el territorio. En este contexto se entiende que la calidad del aire en dos puntos es equivalente cuando sus niveles de concentración sitúan a ambos puntos en el mismo intervalo dentro de los tres que definen los parámetros de calidad establecidos en la legislación. Esto es, por debajo del objetivo a largo plazo, entre el objetivo a largo plazo y el valor objetivo, o por encima del valor objetivo en la base de tiempo anual que corresponde a cada evaluación (para el resto de contaminantes diferentes del ozono las referencias son los valores límite y umbrales de evaluación).

La zonificación actual, realizada de forma independiente por cada CCAA, se ha hecho sobre la base de la distribución de estaciones automáticas disponibles en 1999-2000, y generalmente sin tener en cuenta los procesos naturales involucrados en la dispersión de los contaminantes, y la continuidad del transporte de la masa aérea contaminada, que a menudo traspasa las fronteras administrativas. En consecuencia en muchos casos el mapa de zonificación (figura 3.3) tiende a arrastrar en su diseño carencias que tienen su origen en una distribución poco óptima de las redes desde el punto de vista de la vigilancia del ozono. Así, en algunas CCAAs la zonificación muestra una tendencia a delimitar y aislar las áreas urbanas e industriales donde se localizan las mayores emisiones, dejando el resto del territorio en una única zona o bien en un número reducido de ellas, dentro de las cuales no hay razones para presumir una calidad del aire equivalente en toda su extensión.

Teniendo en cuenta que partimos de una zonificación ya establecida, la metodología propuesta ha de servir para comprobar la correcta evaluación del ozono en cada una de las zonas actuales, permitiendo identificar además aquellos casos en los que el diseño de la zona no sea el adecuado a los criterios de evaluación (en la medida en que no presenta una calidad del aire equivalente en todo el área incluida y/o abarca cuencas aéreas diferenciadas).

Para el propósito de optimización de una red automática toda información complementaria a la base de datos histórica, incluidos los resultados de ejercicios de modelización, será tanto más necesaria cuanto mayores sean las carencias en la cobertura espacio-temporal de la red. En cualquier caso la metodología va encaminada a mejorar la red disponible, sea cual sea su estado, y su aplicación reiterada a una red sucesivamente mejorada en cada iteración, permitiría alcanzar la distribución espacial más adecuada a los objetivos de evaluación (eso sí, el estado inicial de la red condicionará el número de iteraciones necesario para ello).

7.1. Procedimiento de optimización de las herramientas de evaluación.

El diagrama de flujo de la figura 7.1. muestra de forma sintetizada la metodología propuesta. El procedimiento se aplica en tres fases, de forma secuencial, y en general requerirá de varias iteraciones.

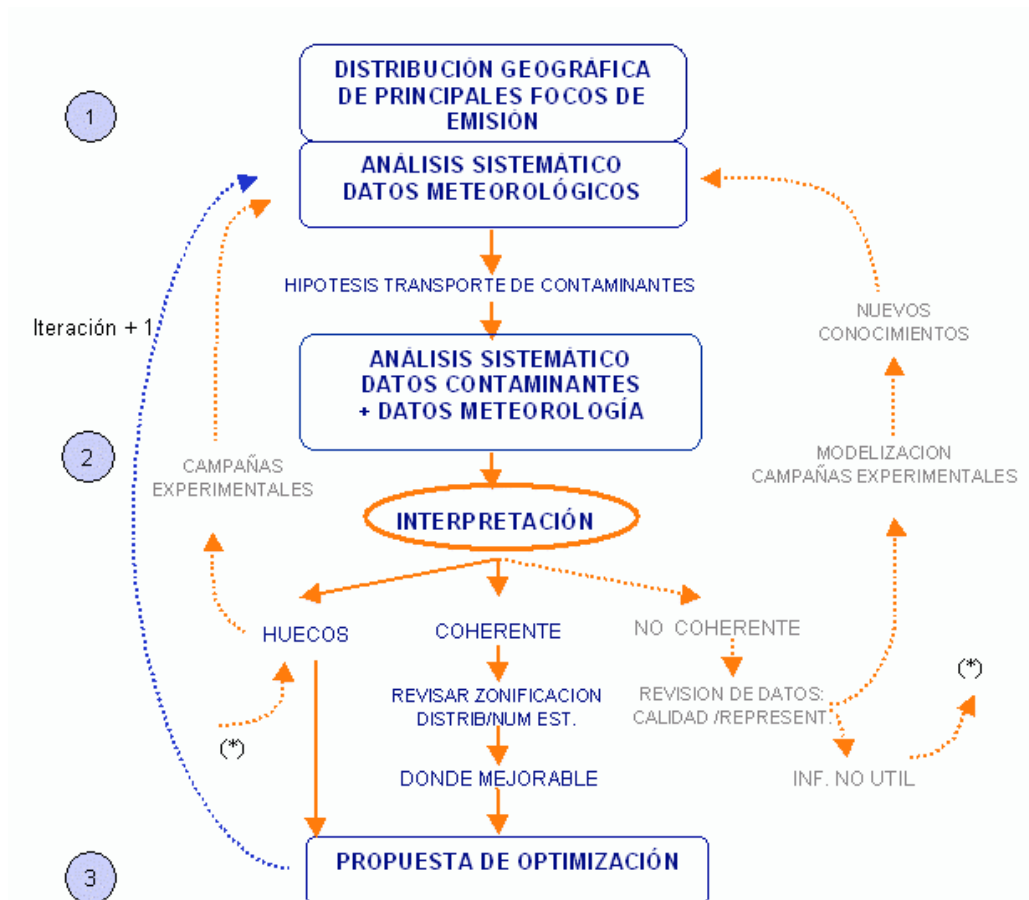


Figura 7.1: Diagrama de flujo de información y fases del procedimiento de optimización propuesto.

Para la aplicación de este procedimiento, y en general para todo intento de interpretación de datos de calidad del aire, los registros de variables meteorológicas, al menos velocidad y dirección del viento, radiación, temperatura, y humedad relativa, son extremadamente importantes (los contaminantes son emitidos por sus fuentes en puntos conocidos, pero a continuación son transportados por circulaciones de viento que han de ser también analizadas para interpretar el patrón espacio-temporal de concentraciones resultante). De hecho, la limitación más importante en las fases 1 y 2 será generalmente la falta de medidas de contaminantes, y sobre todo de variables meteorológicas en áreas extensas de la zona de estudio.

Aunque la disponibilidad de estos registros meteorológicos no es un requisito explícitamente establecido por las directivas de calidad del aire esta información es esencial para la correcta interpretación del comportamiento espacio-temporal de las concentraciones de contaminantes, y para otros objetivos establecidos para las redes de vigilancia como la validación de modelos, y la identificación del origen de los contaminantes, que en ocasiones pueden estar en CCAA vecinas e incluso fuera de las fronteras del estado.

A continuación se describe cada una de las tres fases contempladas en el procedimiento.

- ***Fase 1: Distribución geográfica de las emisiones, y análisis sistemático de los datos meteorológicos***

En esta fase se identifican las fuentes principales de emisión que puedan afectar a la zona (no se precisa disponer del inventario de emisiones detallado), y se recopilan todos los datos disponibles de torres meteorológicas en la zona a analizar, y en zonas vecinas con las que pueda haber una continuidad en las circulaciones de viento más habituales. Las características orográficas de la zona pueden orientar sobre esta posibilidad. En general las líneas que definen las cadenas montañosas separan cuencas aéreas, y los valles canalizan las circulaciones que transportan la masa aérea. Además se tendrá en cuenta que la orientación geográfica de las cadenas montañosas influye sobre las circulaciones actuando como barreras orográficas, que se oponen o cambian la trayectoria de los vientos de escala general, o bien definiendo líneas de convergencia de las circulaciones de mesoescala (con mayor efecto sobre las vertientes Sur y Este donde el mayor grado de insolación induce vientos anabáticos o de valle más intensos).

Será necesario disponer de series temporales que abarquen un periodo mínimo de años (3-5 años es lo recomendable), para garantizar la representatividad temporal, y con una resolución temporal al menos de datos horarios.

Por otro lado, además de contar con datos depurados (si no lo están se requiere un revisión previa para el filtrado de los datos que no presenten una buena calidad), es importante conocer la posición exacta de todas las torres y la posible influencia de forzamientos locales que puedan distorsionar el comportamiento general de la circulación dentro de una cuenca aérea. Para este fin se ha recurrido a herramientas específicas como el programa SURFER para tratamiento de datos geográficos, y al examen de las imágenes de satélite y las fotografías aéreas que proporciona la versión libre de Google Earth sobre las cuales se pueden ubicar puntos de coordenadas conocidas.

El primer procesado de estos registros meteorológicos consiste en la generación de las rosas de viento separando las componentes estacionales, y separando la componente diurna de la nocturna en cada caso. Si la densidad de torres es suficiente el análisis de estas rosas permite estimar cual será la continuidad de los vientos, y dará información sobre las rutas

de transporte habitual en la zona y su probable variación estacional. El cálculo de las series diarias de los parámetros S y L (figuras 7.2 y 7.3) a partir de los registros de velocidad y dirección del viento ayudará al establecimiento de hipótesis sobre el alcance de esas circulaciones. Posteriormente la superposición de la orografía a dichas rosas, y un mínimo conocimiento de los forzamientos orográficos que puedan influenciar dichas medidas, permitirá refinar estas hipótesis.

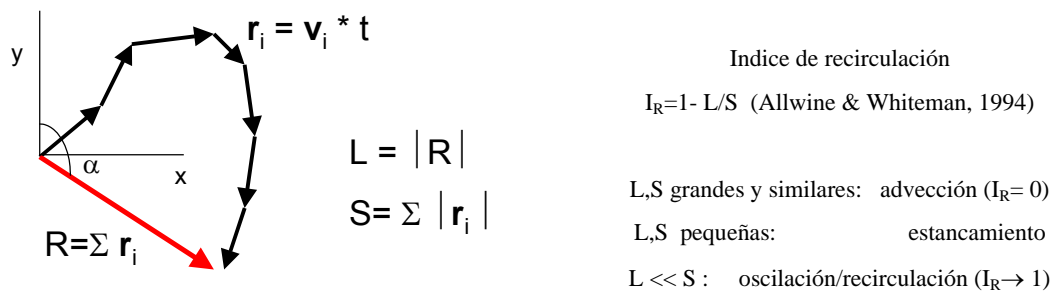


Figura 7.2: Composición de los 24 vectores velocidad del viento horarios en un día. S es el camino recorrido, corresponde a la longitud arco descrito por los vectores velocidad ($t=1: \mathbf{r} = \mathbf{v}$), y L es la distancia neta recorrida, corresponde al módulo del vector resultante de la suma de los vectores velocidad ($t=1$)

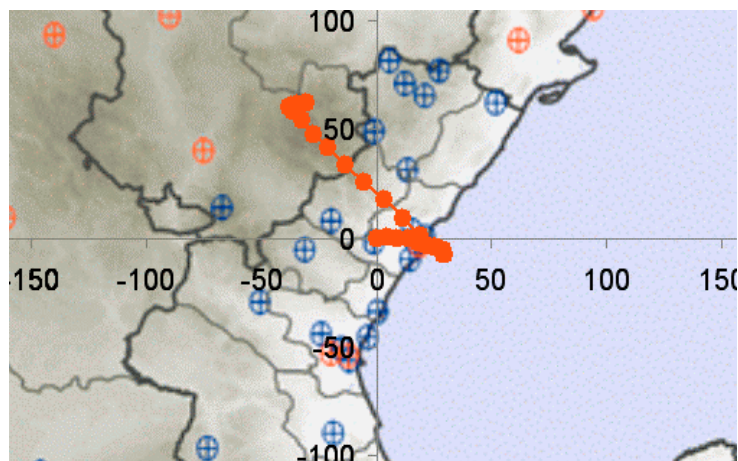


Figura 7.3: El mapa muestra la composición de los 24 vectores de velocidad (promedio de Julio de 2004) a partir de los registros de la torre de Onda (Castellón). La pseudo-trayectoria (se construye sobre registros en un punto fijo y no corresponde por tanto a una trayectoria) muestra el drenaje nocturno durante las primeras horas y el giro completo con la entrada de la brisa por el valle del Mijares. La componente SE (viento hacia el NO) perfectamente definida se debe a la canalización de la brisa por el valle del Mijares.

A continuación la distribución de las **fuentes de emisión** principales (dentro de la zona o de zonas vecinas), que pueden aportar niveles de contaminantes a la zona, en relación con los campos de viento identificados en el análisis de las rosas de viento, permitirá elaborar las hipótesis en cuanto a las rutas de transporte habitual de estas emisiones. En este punto hay que tener en cuenta que las rosas procedentes de torres situadas en el entorno de las áreas de emisión identificadas, dará una primera idea de las áreas de influencia (áreas a sotavento) de cada una de ellas dentro de la zona. En particular, para las fuentes de emisión externas a la zona, se podrá confirmar si efectivamente es razonable suponer un impacto dentro de la zona estudiada. Y por su parte, las rosas de torres en otros puntos dentro de la

zona permitirán identificar el área (la sombra de barlovento) dentro del cual la presencia de emisiones puede acabar influenciando las concentraciones en dicho punto. En todo este análisis la mayor o menor densidad de torres meteorológicas disponibles permitirá un mayor o menor reconocimiento de la continuidad de las circulaciones, y en consecuencia una mayor o menor precisión en el reconocimiento de las rutas de transporte habitual de la masa aérea dentro de la zona. En este sentido es importante intentar acceder a otras redes meteorológicas que complementen las propias torres de la red de calidad del aire.

- **Fase 2: Análisis conjunto de los datos meteorológicos y los datos de calidad del aire.**

En esta segunda fase se añaden los datos de concentraciones de contaminantes. El contraste de estos datos frente a las hipótesis planteadas en la fase anterior respecto a las rutas habituales de transporte de la masa aérea dentro de la zona, y la variabilidad espacial esperable en base a esta dinámica, permitirá confirmar o no dichas hipótesis.

Además, puesto que el criterio para la delimitación de las zonas es abarcar áreas de calidad del aire equivalente, y teniendo en cuenta la interpretación adoptada de este concepto que se explica al comienzo del capítulo, se procesarán los datos para el cálculo de las superaciones de valores límite y valores objetivo. La revisión de esta información permitirá una primera valoración en cuanto a lo adecuado del diseño de la zona.

Como resultado de este análisis conjunto se abren diferentes posibilidades:

- 1) El análisis de los datos meteorológicos y de concentración junto con la distribución de emisiones identificadas es **autoconsistente** (i.e., la variabilidad espacio-temporal de las concentraciones es coherente con la dinámica de transporte y dispersión de las emisiones identificadas a partir de los registros meteorológicos), y es **completo** (i.e., los resultados del análisis se pueden extender a todo el territorio abarcado por la zona y en todas las estaciones del año). En este caso tenemos dos posibles conclusiones:
 - a) la zona presenta niveles equivalentes y los emplazamientos de medida en ella ubicados son adecuados a los criterios de evaluación por ser representativos de toda la zona.
 - b) los datos de concentración disponibles muestran que la zona comprende un área donde la calidad del aire no es equivalente en toda su extensión.
- 2) El análisis de los datos meteorológicos y de concentración junto con la distribución de emisiones identificadas es **autoconsistente**, pero **no es completo** (i.e., los resultados del análisis no se pueden extender a todo el territorio abarcado por la zona, y en consecuencia existen "huecos" o áreas significativas no caracterizadas en cuanto a las concentraciones que le afectan).
- 3) El análisis de los datos meteorológicos y de concentración junto con la distribución de emisiones identificadas **no es autoconsistente** (i.e., la variabilidad espacio-temporal de las concentraciones no es coherente con la dinámica de transporte y dispersión que sugieren los registros meteorológicos)

- **Fase 3: Propuesta de optimización.**

En el mejor de los casos, 1.a, solo se requiere alguna propuesta de optimización si se identifica la existencia de redundancias entre diferentes cabinas. En ese caso se propondría "liberar" alguno de los monitores o cabinas redundantes que quedará disponible para cubrir posibles huecos. El caso 1b implica directamente una propuesta de optimización

consistente en modificar la delimitación geográfica de la zona analizada, y si es necesario de las zonas vecinas.

El caso 2 supone que se ha identificado algún hueco en la cobertura espacial de la red. Esto puede llevar directamente a una propuesta de optimización, como la reubicación de una estación considerada no representativa y/o redundante, o la instalación de una nueva cabina. Cuando no sea posible determinar el punto de medida idóneo se requerirá información complementaria, que en primera instancia puede cubrirse con campañas de medida con las unidades móviles en los puntos y periodos adecuados.

En el caso 3, para descartar errores en la aplicación del procedimiento, será necesaria la revisión de la calidad de los datos, y de las hipótesis de partida en cuanto a rutas de transporte y fuentes de emisión identificadas. Si en esta revisión no se encuentra la causa de la incoherencia entre toda la información analizada, será necesario recurrir a herramientas y datos adicionales que puedan mejorar el conocimiento de la situación. Se trata por tanto de planificar campañas experimentales o ejercicios de modelización meteorológica y fotoquímica, que puedan aportar mayor información. Estas herramientas y los criterios para su aplicación sobrepasan seguramente la capacidad técnica de los gestores de la calidad del aire. Para abordar estas tareas será necesario recurrir a grupos científicos especializados. En caso de que estas tareas se lleguen a realizar sus resultados permitirán retomar de nuevo el procedimiento de optimización con información adicional que puede sacarnos de este bucle.

7.2. Representatividad de estaciones.

Cualquier emplazamiento es representativo de la calidad del aire en la medida en que allí se refleja el efecto de una combinación determinada de los factores que intervienen en el proceso *emisión - transporte/dispersión - transformaciones fotoquímicas* que siguen los contaminantes. Por tanto a priori tendría interés la medida en continuo en cualquier punto, siempre que seamos capaces de interpretar las concentraciones registradas en función de dichos factores. Pero en el contexto de la evaluación de la calidad del aire, según los criterios establecidos en las directivas, la cuestión es si la calidad del aire en un punto es representativa de un área más o menos extensa, y en definitiva cuantos puntos de medida necesitamos como mínimo para "capturar" adecuadamente la variabilidad espacio-temporal de los contaminantes en un territorio. Todo ello por supuesto siguiendo el principio de mayor rentabilidad, es decir, conseguir un conocimiento adecuado de la situación con la menor cantidad posible de recursos.

El objetivo es determinar cual es el área de representatividad de una estación, y si esta abarca toda la zona donde está o solo parte de ella. En este punto se requiere una definición previa del concepto de *área de representatividad* de una cabina en el contexto de los criterios de evaluación que marcan la directivas. Siguiendo con el criterio de delimitación de zonas señalado en la introducción y al principio del apartado, una cabina representa un determinado área si se cumplen dos condiciones :

- *Condición 1:* La calidad del aire en todos los puntos del área es equivalente en el sentido en que todos los puntos se clasificarían en el mismo intervalo dentro de los que definen los parámetros de calidad establecidos en la legislación. Esto es, por debajo o por encima de los valores objetivo.
- *Condición 2:* Dicho área está incluida dentro de una misma cuenca aérea (entendida como un área geográfica en la cual los niveles de contaminantes están influidos

fundamentalmente por las mismas fuentes y por los mismos procesos de transporte de la masa aérea desde dichas fuentes). Es decir, hay unas relaciones causa-efecto identificadas y compartidas para todo el área.

La primera condición no es otra cosa que la relación de área de representatividad con la interpretación general de zona como área donde todos sus puntos tienen una calidad del aire equivalente, y definiendo claramente que es lo que consideramos calidad del aire equivalente.

La segunda condición es en realidad una regla general para evitar zonificaciones basadas en aislar las áreas urbanas e industriales, y englobar el resto del territorio en una zona única. Las zonas así definidas abarcan territorios muy variados, que pueden contener varias cuencas aéreas diferenciadas. Su evaluación en base a una estación (el peor de los casos entre todas las estaciones incluidas en la zona), no sería en realidad representativa para toda la zona. Este esquema de zonificación puede valer para los compuestos primarios, pero no es el más adecuado para la evaluación del ozono. Así mismo, esta condición desaconseja la definición de zonas formadas como agregación de áreas inconexas. Esta posibilidad puede ser adecuada, y no siempre, únicamente para juntar núcleos urbanos medianos dispersos. En ellos el factor principal que determina la calidad del aire son las emisiones de tráfico, cuyas pautas son similares en todas las ciudades (en cualquier caso la suposición de que todos ellos tienen una calidad del aire equivalente habría de ser confirmada).

8. Aplicación del procedimiento de optimización. Resumen de resultados por CCAA.

Este Capítulo corresponde a los resultados de la aplicación de la 2ª iteración del procedimiento de optimización aplicado a las redes de calidad del aire (ver capítulo anterior). El punto de partida es el diagnóstico y las propuestas de optimización que se emitieron en el Informe final de Julio de 2007, en base a los datos disponibles hasta el año 2005. Con los nuevos datos de 2006 y 2007 se ha repetido el análisis y se han revisado las propuestas que se presentaron para cada red. En los casos en que ha habido modificaciones en la distribución de la red (nuevos puntos de medida) o en el mapa de zonas entre 2006 y 2007, se ha integrado la nueva información en el procedimiento para revisar y actualizar las recomendaciones emitidas en su día (y en los casos en que no ha habido cambios se ha revisado igualmente el análisis hecho en su día). En realidad en pocos casos han habido cambios significativos en las redes después de 2005 (la red de Madrid es uno de ellos), o se han recibido datos complementarios procedentes de campañas experimentales siguiendo las recomendaciones del informe de Julio de 2007 (Navarra). El desfase de tiempo inherente a todo el proceso de centralización de los datos por el MMAMRM, el posterior procesado y análisis en el CEAM, y por último y sobretodo la implementación de las propuestas por los gestores de la calidad del aire, implica en la práctica un retraso de dos años aproximadamente. La recomendaciones a partir de los datos 1995-2005 se emitieron en el informe final de la primera fase del contrato en Julio de 2007. La segunda iteración del procedimiento que aquí se presenta se ha hecho con datos actualizados hasta 2007, y difícilmente ha podido implementarse alguna de las propuestas del CEAM, por lo que en general la situación no difiere sustancialmente de la que se diagnóstico en el anterior informe.

Entre las estaciones dadas de alta en 2006 y 2007 nueve se sitúan en ubicaciones que coinciden aproximadamente con puntos propuestos (figura 8.1): *Arcos* (Cádiz), *Mérida* (Badajoz), *Villarejo de Salvanes* y *Algete* (Madrid), *Vilafranca* y *Berga* (Barcelona), *Sástago* (Zaragoza), *Hospital San Joan* y *Sant Antoni de Portmany* (Baleares). De todas ellas solo *Villarejo*, *Sástago* y *H. Joan March* están caracterizadas como rurales, y responderían por tanto más exactamente a las características de los puntos propuestos, en cuanto a la necesidad de medir en puntos poco influidos por emisiones cercanas para asegurar la representatividad de las medidas. El resto de estaciones son de tipo suburbano.

El diagnóstico realizado en cada caso y las recomendaciones que de él se derivan se basan en la información suministrada por el MMAMRM, consistente en las series de datos entre 1995 y 2007. Las posibles modificaciones posteriores en alguna de las redes, o los posibles huecos en dicha información no están por tanto incluidas en el análisis (ej, series de datos de estaciones operativas en el periodo 1995-2007 que no han sido suministradas al MMAMRM). En los casos que así ocurriera alguna de las recomendaciones emitidas podrían quedar obsoletas o fuera de lugar.

Como ya se ha dicho en el Capítulo 3 dedicado a la descripción de las redes, el conjunto de estaciones automáticas de las que se han recibido datos consiste en su mayor parte en estaciones de las redes de calidad del aire de las diferentes CCAA, pero incluye además otras estaciones pertenecientes a redes privadas, redes municipales, y a la red EMEP. En el análisis de datos llevado a cabo se han tratado todas las estaciones por igual, independientemente de su carácter público o privado, y de los objetivos particulares de medición en cada caso.

En este capítulo se presenta el resumen de los principales resultados del análisis, y las propuestas de optimización para cada una de las CCAA. En cada caso los aspectos más relevantes de la dinámica del ozono se acompañan de diferentes tipos de gráficos que ilustran las situaciones comentadas.



Figura 8.1: Puntos propuestos para la optimización de las redes de calidad del aire, y estaciones dadas de alta en 2006 y 2007 que corresponden aproximadamente alguna de esas posiciones.

Aunque el estudio se ha abordado de forma global, como corresponde a un fenómeno que no se atiene a límites administrativos, y no como suma de análisis parciales para cada comunidad, se ha considerado que es apropiado destinar un apartado específicamente dedicado a cada CCAA, ya al fin y al cabo las propuestas afectan a redes individuales.

En cada caso las propuestas consisten en la selección de puntos de medida complementarios a las redes actuales, y en las modificaciones de los mapas de zonificación que se derivan del análisis llevado cabo. Estos puntos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y de NOx, y de torre meteorológica. Las medidas en los puntos propuestos permitirán confirmar las hipótesis establecidas sobre la dinámica del ozono en las diferentes cuencas aéreas del territorio. A partir de los resultados de estas campañas se seleccionarían los más adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación. Eventualmente en algún caso puede no ocurrir así, y se requerirá un replanteamiento de la situación con la nueva información recabada.

Como se ha señalado en varias ocasiones en este informe, el estudio y las propuestas resultantes que se presentan a continuación van encaminadas básicamente a mejorar la vigilancia del ozono en las zonas rurales, dentro de una situación actual en la que

predominan las redes orientadas a la vigilancia de las emisiones primarias en las áreas donde se concentran las emisiones (áreas urbanas e industriales). En consecuencia la mayor parte de los puntos propuestos se localizan en entornos rurales. En algunos casos la situación final resultante (una vez implementados todos los pasos hasta la selección de los puntos que deberían consolidarse como emplazamientos fijos para la medida en continuo), podría no ajustarse a los criterios establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto tipo de estaciones requeridas como mínimo en cada zona.

En este anexo se especifica la necesidad de estaciones de tipo suburbano en todas las zonas (50% de ellas en aglomeraciones, y al menos una en zonas de tipo no aglomeración). En estos casos sería necesario adoptar una solución de compromiso, desplazando alguno de los puntos rurales propuestos a la periferia de poblaciones de pequeño tamaño (pudiendo tomar como referencia menos de 10.000 habitantes), fuera del sotavento habitual en dicha localidad, y siempre en emplazamientos no afectados por emisiones primarias en su entorno (márgenes de carreteras, emisiones de pequeñas industrias, etc.), y no afectados por pantallas que alteren los registros meteorológicos.

Por este motivo, y porque en cualquier caso la ubicación exacta de los puntos de medida requiere la participación de técnicos y gestores locales que conozcan bien el terreno, las propuestas realizadas no definen posiciones exactas, sino áreas relativamente reducidas dentro de las cuales localizar las ubicaciones idóneas.

De la misma manera los límites de las nuevas zonas propuestas son solo orientativos, quedando a criterio de los gestores las modificaciones necesarias sin que estas desvirtúen los objetivos planteados. En ambos aspectos, y en todo lo relacionado con la implementación de las propuestas presentadas, los autores de este estudio confían en seguir colaborando con todos los gestores, y demás agentes implicados, en el control de la calidad del aire.

8.1. Optimización de la Red de Calidad del Aire de Andalucía.

8.1.1. Descripción de la red de calidad del aire de Andalucía en 2007.

La red de calidad del aire de Andalucía contaba en 2007 con 86 estaciones automáticas, 51 de ellas equipadas con monitor de ozono. Desde el diagnóstico y propuesta de optimización realizada en Julio de 2007 en base a los datos disponibles hasta 2005, han tenido lugar modificaciones en la red. Se han dado de alta seis estaciones: *Rodalquilar, Arcos, Prado del Rey, Fuentezuelas, Cobre de las Cruces, y La Joya*, y se han dado de baja cinco: *Colodro, Gran Vía Parque, Constitución, Ps. Martiricos, y Campamento*, más una adicional que no medía ozono: *Av. Cádiz*. Ha habido por tanto un incremento neto de una estación de medida de ozono entre 2005 y 2007. Con estos cambios la configuración de la red de ozono en 2007 es la que muestra el mapa. Y la tabla 8.1.1 recoge el listado de zonas y el número de las estaciones correspondiente según el tipo de entorno (Rural, Suburbana, Urbana) en ese mismo año. El listado completo de todas las estaciones-O3 que han estado operativas a lo largo del periodo 1995-2007 (72 estaciones) se muestra en la tabla 8.1.3 en el siguiente apartado.



Figura 8.1.1 : Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación de Andalucía en 2007. (Leyenda: Rojo Urbanas, Amarillo Suburbanas, Verde: Rurales).

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0103	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	710.75	197,889	NO	--	2	2
ES0104	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	583.98	223,403	NO	1	2	1
ES0105	ZONA INDUSTRIAL DE PUENTE NUEVO	448.04	3,109	NO	--	--	--
ES0108	ZONA INDUSTRIAL DE BAILÉN	117.81	18,362	NO	--	--	--
ES0109	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	1,777.77	811,152	NO	--	3	5
ES0111	CÓRDOBA	141.03	322,867	SÍ	--	1	1
ES0115	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	80,838.91	3,338,184	NO	8	3	--
ES0116	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	695.88	33,578	NO	3	2	1
ES0117	BAHÍA DE CÁDIZ	399.33	345,560	SÍ	--	1	2
ES0118	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	559.32	436,028	SÍ	--	1	1
ES0119	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	1,239.29	1,095,758	SÍ	--	2	1
ES0120	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	1,390.47	1,149,782	SÍ	--	3	5

Tabla 8.1.1: Listado de zonas y nº estaciones con monitor de ozono por zona y por tipo de entorno en 2007 (Superficie expresada en Km²).

El gráfico de la izquierda en la figura de abajo muestra la evolución de 1995 a 2007 del número de estaciones total y por tipo de entorno. Y a la derecha se muestra la distribución de estaciones por tipo de zona y tipo de entorno en 2007.

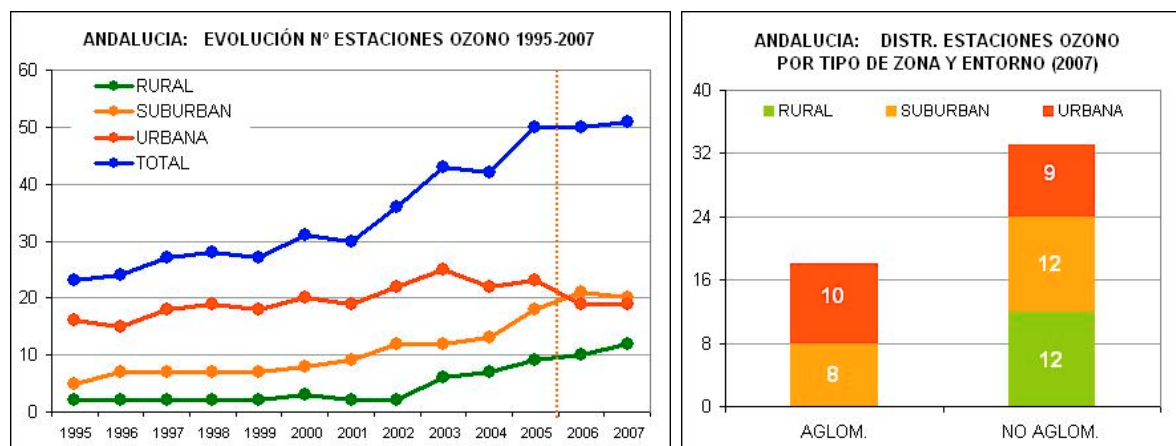


Figura 8.1.2: (Izda.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona en 2007.

Los cambios citados al principio mejoran la configuración de la red, pero no han variado sustancialmente su cobertura espacial respecto a la situación en que se encontraba en 2005, a partir de la cual se emitieron las recomendaciones en el informe de Julio de 2007. *Rodalquilar* y *La Joya* se localizan en un área donde ya operaban las estaciones *Nijar*, *Campohermoso* y *Agua Amarga*.

Las Fuentezuelas de tipo suburbano mejora la vigilancia en la zona "Núcleos de 50.000-150.000 habitantes" de tipo no aglomeración, en la cual es conveniente corregir el predominio de las estaciones de tipo urbano (para las zonas no aglomeración la legislación contempla únicamente la instalación de estaciones de tipo Rural o Suburbano, Anexo VI.1 del RD 1796/2003). Respecto a la vigilancia de los niveles de ozono en Jaén esta estación confirma una situación ya conocida a partir de los registros de *Ronda del Valle*, con un número de superaciones del Valor Objetivo de ozono (55 como promedio de 2006 y 2007, frente a 46 en *Ronda del Valle*) que duplica las 25 establecidas en la legislación.

En cuanto a *Prado del Rey* y *Arcos*, ambas relativamente próximas entre sí (suponemos que dedicadas a la vigilancia de las emisiones de la CTCC de Arcos), sí se trata de estaciones que extienden la vigilancia a un área de interés, a la vez que aumentan el número de estaciones en una zona, *Zonas rurales*, que ocupa el 91% del territorio y que requiere una mejor cobertura (y requiere también revisar su delimitación). En particular el emplazamiento de *Arcos* se sitúa en una ubicación equivalente a uno de los puntos propuestos en el informe de Julio de 2007.

Por último, en la estación *Cobre de las Cruces* la serie de datos comienza a mediados de Noviembre de 2007, y en consecuencia no aporta información al análisis realizado. Por otro lado se trata de una estación próxima a Sevilla, pero fuera de la ruta habitual del transporte de la pluma urbana, que sigue el eje del valle hacia el NE. La estación sin duda mejora también la vigilancia en la zona *Zonas Rurales*, pero en relación con la vigilancia del ozono no es la mejor de las localizaciones, teniendo en cuenta el vacío existente en todo el tramo entre Sevilla y Córdoba (en el informe de Junio de 2007 se recomendaba un punto de medida situado aproximadamente a la altura de Lora del Río).

Debido a todo ello, el diagnóstico que se presenta en este capítulo no difiere apreciablemente del que se realizó en Julio de 2007 con ocasión del antes citado informe final de la primera fase del contrato. En particular siguen siendo válidos los comentarios allí referidos en relación con la distribución de estaciones y con la zonificación:

- Se trata de una **red** muy orientada a la medida de contaminantes en áreas urbanas e industriales, y ofrece una cobertura completa en relación con la vigilancia de los niveles de las especies primarias (NO_x, CO, SO₂). No es igual de completa sin embargo respecto a la vigilancia del ozono. Las estaciones rurales instaladas a partir de 2003, han mejorado la situación, pero su número y distribución resultan aún insuficientes. La red necesita ser ampliada y extendida a las áreas rurales para vigilar adecuadamente los niveles de ozono en un territorio tan extenso, y tan complejo desde el punto de vista de la orografía y de la distribución de los focos de emisión.
- Por su parte, la **zonificación**, probablemente condicionada por el propio diseño de la red, responde también al mismo objetivo de vigilancia de los niveles en áreas urbanas e industriales, separando en zonas diferenciadas estos entornos, y quedando el resto del territorio englobado en una única y extensa zona (*Zonas Rurales*) que abarca en realidad casi toda Andalucía. Se considera por tanto necesaria una revisión del mapa de zonas.

Para completar la descripción de la configuración de la red en 2007 el mapa de abajo, complementario del anterior, muestra la distribución de las estaciones sin monitor de ozono operativas en ese año.



Figura 8.1.3 : Distribución de estaciones de la red de Andalucía sin monitor de ozono en 2007. (Leyenda: Rojo Urbanas, Amarillo Suburbanas, Verde: Rurales).

Por último, hay que señalar también que se repite la misma situación respecto de la falta de registros meteorológicos asociados a los de calidad del aire: La interpretación de los datos ha planteado más dificultades de las deseables debido a la falta de los datos meteorológicos asociados (únicamente disponibles en el emplazamiento de la red EMEP en Víznar). Suponemos que varias de las estaciones de la red están equipadas con torre meteorológica.

Sus datos mejorarían sin duda la interpretación de las series de ozono, y las conclusiones que se exponen en este bloque (la metodología aplicada en este estudio comienza precisamente con el análisis previo de los datos meteorológicos).

Esta parte fundamental de la base de datos se ha podido suplir parcialmente con datos de torres de la AEMET, suministrados por el Ministerio de Medio Ambiente, para los años 2005 y 2006, y en muy escasos puntos también para el 2003, 2004, y 2007 (figura 8.1.4) . Aunque se pierde en gran medida la representatividad estadística al disponer únicamente de un año, y también la valiosa coincidencia del punto de medida para ozono y para variables meteorológicas, sí se ha conseguido la identificación de los rasgos más característicos de la dinámica de contaminantes en este territorio.



Figura 8.1.4: Red de torres meteorológicas de la AEMET disponibles para el estudio.

8.1.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.1.3 muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos de ozono en el periodo 1995-2007. Y la figura 8.1.5 representa con una línea azul el periodo de disponibilidad de datos, con los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los datos de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminar estos datos en las distintas fases del análisis.

En la revisión y validación de datos se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de los diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través de los últimos Seminarios de Calidad del aire en España, y a través de este mismo estudio, con la organización de la jornada de trabajo sobre validación de datos.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	PROVINCIA	ZONA	ENTORNO
E04013002	Concordia	Almería	Almería	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E04013004	Mediterraneo	Almería	Almería	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E04013005	El Boticario	Almería	Almería	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	SUBURBAN
E04024001	Benahadux	Benahadux	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	URBANA
E04049001	Garrucha	Garrucha	Almería	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	SUBURBAN
E04066001	Agua Amarga	Nijar	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	RURAL
E04066003	Rodalquilar	Nijar	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	SUBURBAN
E04066004	Campohermoso	Nijar	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	SUBURBAN
E04066006	Nijar	Nijar	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	RURAL
E04066007	La Joya	Nijar	Almería	ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	RURAL
E04902001	El Ejido	El Ejido	Almería	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E11006001	Arcos	Arcos de la Frontera	Cádiz	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	SUBURBAN
E11008008	Cortijillos	Los Barrios	Cádiz	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	SUBURBAN
E11008009	E2 Alcornocales	Los Barrios	Cádiz	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E11012001	S. José	Cádiz	Cádiz	BAHÍA DE CÁDIZ	SUBURBAN
E11012002	Av.Marconi	Cádiz	Cádiz	BAHÍA DE CÁDIZ	URBANA
E11020002	Jerez	Jerez de la Frontera	Cádiz	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E11020003	Cartuja	Jerez de la Frontera	Cádiz	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	SUBURBAN
E11020004	Jerez-Chapin	Jerez de la Frontera	Cádiz	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E11022005	Linea	Linea de la Concep. (La)	Cádiz	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	URBANA
E11026001	Prado del Rey	Prado del Rey	Cádiz	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E11027001	Pt.Santa	Pt.Santa Maria (El)	Cádiz	BAHÍA DE CÁDIZ	URBANA
E11028001	Rio S. Pedro	Pt.Real	Cádiz	BAHÍA DE CÁDIZ	URBANA
E11031001	S.Fernando	S.Fernando	Cádiz	BAHÍA DE CÁDIZ	SUBURBAN
E11033004	E3:Col. Carteya	S.Roque	Cádiz	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	SUBURBAN
E11033005	Campamento	S.Roque	Cádiz	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	SUBURBAN
E11033007	Guadarrenque	S.Roque	Cádiz	ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	RURAL
E14021001	Colodro	Córdoba	Córdoba	CÓRDOBA	URBANA
E14021004	G.V. Parque	Córdoba	Córdoba	CÓRDOBA	URBANA
E14021006	Asomadilla	Córdoba	Córdoba	CÓRDOBA	SUBURBAN
E14021007	Lepanto	Córdoba	Córdoba	CÓRDOBA	URBANA
E18087005	Constitución	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E18087006	Cm. Ronda	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E18087007	Granada Norte	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E18087008	Ps. Universit.	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E18087009	Cpus. Cartuja	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	SUBURBAN
E18087999	La Cartuja	Granada	Granada	GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	RURAL
E18140001	Motril	Motril	Granada	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E18189999	Viznar	Viznar	Granada	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E21005001	Doñana	Almonte	Huelva	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E21021001	Cartaya	Cartaya	Huelva	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E21041008	La Orden	Huelva	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	URBANA
E21041013	Manuel Lois	Huelva	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	URBANA
E21041016	Pozo Dulce	Huelva	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	SUBURBAN
E21041017	Cpus. Carmen	Huelva	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	URBANA
E21050002	El Arenosillo	Moguer	Huelva	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E21050003	Mazagón	Moguer	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	SUBURBAN
E21055004	La Rábida	Palos de la Frontera	Huelva	ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA	SUBURBAN
E21072001	Valverde	Valverde del Camino	Huelva	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	SUBURBAN
E23050001	Hs. Cd. Jaen	Jaen	Jaén	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E23050002	Av.Madrid	Jaen	Jaén	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E23050003	Rda. del Valle	Jaen	Jaén	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	URBANA
E23050004	Fuentezuelas	Jaén	Jaén	ANDALUCIA-NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES	SUBURBAN
E29067001	Hilera	Málaga	Málaga	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	URBANA
E29067004	Ps. Martiricos	Málaga	Málaga	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	URBANA
E29067005	El Atabal	Málaga	Málaga	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	SUBURBAN
E29067006	Carranque	Málaga	Málaga	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	URBANA
E29069001	Marbella	Marbella	Málaga	MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	SUBURBAN
E41004004	Siderurgica	Alcala de Guadaira	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41004005	Hda. Dolores	Alcala de Guadaira	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	SUBURBAN
E41004006	Al. Guadaira	Alcala de Guadaira	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41038001	Dos Herm	Dos Hermanas	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41049001	Cobre las Cruces	Guillena	Sevilla	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E41059001	Aljarafe	Mairena del Aljarafe	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	SUBURBAN
E41088001	Sierra Norte	San Nicolas del Puerto	Sevilla	ANDALUCIA-ZONAS RURALES	RURAL
E41091009	Torneo	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41091010	La Ranilla	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41091011	Sevilla?	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41091015	Sta. Clara	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	SUBURBAN
E41091017	S. Jerónimo	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	SUBURBAN
E41091018	Bermejales	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA
E41091019	Centro	Sevilla	Sevilla	SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA	URBANA

Tabla 8.1.3: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007.

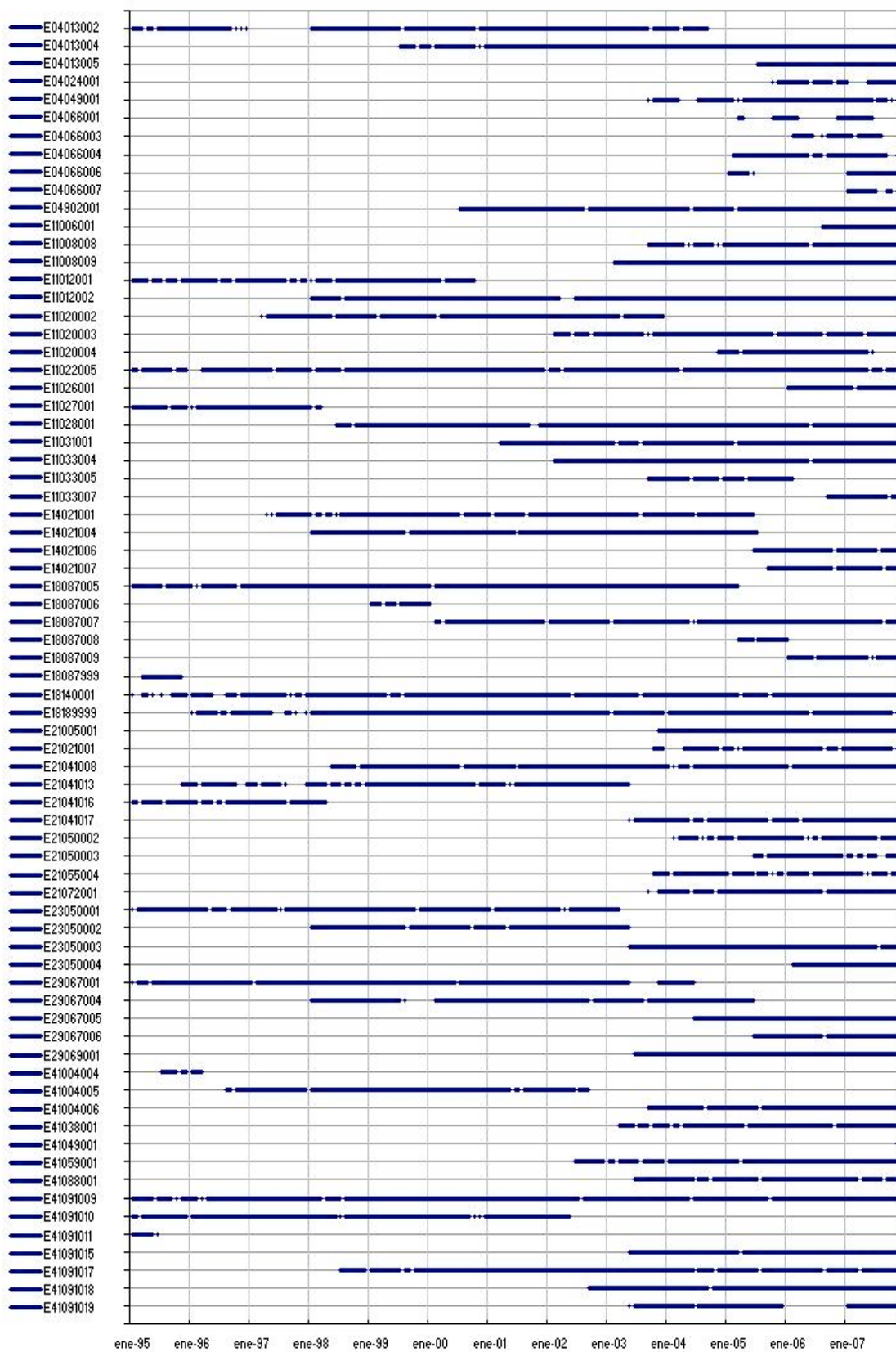


Figura 8.1.5: Cobertura temporal de las estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. Gráfico generado a partir de ficheros de promedios diarios. Los huecos corresponden a periodos sin datos de al menos 2 días (sin incluir la depuración previa al análisis de los datos).

En el caso de la red de calidad del aire de Andalucía se han anulado un 0.94 % de los datos del periodo 1996-2007. En concreto en los años 2006 y 2007 se han anulado respectivamente el 0.48 % y el 2.23 % de ellos, siendo los periodos más largos de datos anulados, superiores a un mes de duración, los correspondiente a:

- *Alcornocales* del 9/10/2007 al 31/12/2007,
- *Valverde* del 15/3/2007 al 15/4/2007 y del 13/7/2007 al 23/9/2007,
- *Mazagón* del 14/5/2007 al 12/7/2007,
- *Guadarrenque* del 15/11/2007 al 31/12/2007,
- *Agua Amarga* del 16/2/2006 al 22/3/2006,
- *Campus Cartuja* del 10/4/2007 al 13/5/2007.

En todos los casos los registros mostraban concentraciones anormalmente bajas, no atribuibles a causas naturales o antropogénicas.

8.1.3. Dinámica del ozono en Andalucía.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Andalucía. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de la dinámica de contaminantes, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El **relieve** andaluz está marcado por la disposición longitudinal de la depresión del Guadalquivir entre dos grandes sistema montañosos. El valle cruza todo el territorio de Este a Oeste abriéndose progresivamente desde Jaén hasta la costa atlántica en las provincias de Huelva y Cádiz. Este extenso valle se enmarca Sierra Morena al norte, límite natural con la meseta castellana y Extremadura, y las tres cordilleras de configuración mucho más compleja, que forman el sistema Bético al sur. La cordillera Penibética, la más meridional de las tres discurre de forma paralela y muy próxima a la costa, desde Málaga hasta Murcia (Serranía de Ronda, Sierra Nevada, Sierras de Gaza y Gador, y Sierra de Espuña). El sistema Subbético por encima del anterior llega desde Gibraltar hasta Jaén (Sierras de Alcornocales, Grazalema, Gíbalbín, Loja... hasta la sierra de Huétor donde converge con la Penibética). Y la cordillera Prebética parte de los territorios orientales de Jaén y Granada, y se prolonga hacia el Este hasta el Norte de Alicante.

En cuanto a los focos de **emisiones** precursoras de ozono destacan las emisiones de tráfico desde las áreas metropolitanas de Sevilla (1.300.000 hab.), Málaga (1.100.000 hab.), y Cádiz (620.000 hab.), y las emisiones industriales de los complejos Químico-Refineros de Huelva y Aljécaras, incluyendo las del tráfico de buques en sus puertos. Otros focos

significativos son las C.T.s de Pte. Nuevo (Córdoba), Arcos (Cádiz), San Roque (Cádiz), Cristóbal Colón (Huelva) y Carboneras (Almería), y los aeropuertos de Málaga y Sevilla.

El análisis de los **registros meteorológicos** en los meses de primavera y verano, en coincidencia con los niveles más altos de ozono, muestra diferencias en las circulaciones dominantes dentro de las tres grandes áreas definidas por la orografía: depresión del Guadalquivir, los territorios montañosos al norte, y los costero-montañosos al sur.

a) En todo el **Valle del Guadalquivir** domina casi permanentemente la componente SO (ver rosas de viento en la figura 8.1.6). Los registros de ozono en esta extensión deben ser interpretados en gran medida como el transporte de las emisiones concentradas en su parte baja (Huelva y Sevilla) a lo largo de la ruta de la masa aérea hacia el NE siguiendo el eje del valle. La relativa homogeneidad del terreno, básicamente plano y extenso en la parte baja y media, permite estimar al menos cualitativamente las trayectorias de viento, y en consecuencia el transporte de la masa aérea, a partir de los datos de las torres meteorológicas. La figura 8.1.7 muestra las pseudotrayectorias promedio mensuales (ver método de cálculo en figuras 7.2 y 7.3), calculadas a partir de datos de las torres de AEMET instaladas en Huelva, El Arenosillo, Sevilla y Córdoba.

Desde primera hora de la mañana, y después de haber sido transportadas paralelamente a la costa hacia el SE durante la noche, las emisiones del área de Huelva son advectadas en dirección a Sevilla, y simultáneamente las emisiones de Sevilla lo son en dirección a Córdoba. El tramo entre Huelva y Sevilla está bien cubierto por la estación de *Doñana*, igual que el área metropolitana de Sevilla, uno de los puntos donde se registran los mayores niveles de ozono de España. Esta circunstancia está probablemente asociada al hecho de que sobre Sevilla coinciden las emisiones de NO_x del tráfico urbano con los COVs procedentes de las emisiones industriales de Huelva, convirtiendo el habitual *régimen limitado en COVs*, propio de las grandes ciudades, en uno con mayor tasa de formación de ozono⁵ (ver Capítulo 5).

No se dispone en cambio de emplazamientos de medida a sotavento de la Sevilla en algún punto intermedio entre Sevilla y Córdoba, en donde se presumen niveles elevados de ozono, por encima de los que puedan registrarse en el resto de la zona *Zonas Rurales*. En cualquier caso la estación urbana *Asomadilla* en Córdoba registra también niveles que superan los valores objetivo, como ya ocurría en la estación *Gran Vía Parque* (las antiguas *Gran Vía Parque* y *Colodro* se trasladaron en 2005 a los nuevos emplazamientos *Lepanto* y *Asomadilla*). Ambos emplazamientos, *Asomadilla* y *Gran Vía Parque*, se encuentran menos influenciados por las emisiones de la propia ciudad que *Lepanto* o *Colodro*, y registran concentraciones más representativas de la masa aérea transportada desde la parte baja de valle. Las superaciones en este punto están asociadas a dicho transporte.

Más allá de Córdoba en dirección E se dispone de los registros de la estación urbana *Ronda del Valle* en Jaén, que superan igualmente los valores objetivo establecidos en la legislación. En la parte norte de la provincia no existen emplazamientos de medida, y se ignora el efecto que puedan tener por un lado el transporte desde el Oeste, y por otro las propias emisiones del área industrial de Bailén sobre el área a sotavento de esta.

En la parte baja del valle el nuevo emplazamiento de *Arcos* se encuentra a unos 8 km. al sur de la población y a unos 55 Km. al NE de Cádiz, y comenzó a operar en Agosto de

⁵ Esta configuración, con un área de importantes emisiones de NO_x a sotavento de un área de importantes emisiones de COVs no se da en ningún otro punto de España, aunque se pueden encontrar ejemplos en la literatura de otros puntos del planeta como en Houston, USA (Darby L.S., 2005)

2006. En relación con este estudio este punto se propuso, junto a otros tres más, para complementar las medidas de ozono en todo el Valle del Guadalquivir. El objetivo era mejorar el conocimiento del gradiente de concentraciones a lo largo del valle, donde actualmente se dispone de estaciones en las áreas urbanas de Huelva, Cádiz, Sevilla, Córdoba y Jaén, pero no en las áreas rurales a sotavento de estas (excepto en Doñana a sotavento de Huelva), donde se pueden esperar los niveles más elevados de ozono. Los datos disponibles de 2006-2007 en *Arcos* muestran niveles considerables de este contaminante, con 18 y 26 superaciones respectivamente del Valor Objetivo a Largo Plazo (VOLP = 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario), y una AOT40 en 2007 de 19000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximadamente (hay que tener en cuenta además que las coberturas temporales en el periodo Abril-Septiembre fueron bajas, del 26% y 75% respectivamente).

Aunque relativamente alejada de la influencia de los grandes focos de emisión de Huelva y Sevilla, la estación de Arcos se encuentra a sotavento del área metropolitana de la Bahía de Cádiz-Jerez (632.240 habitantes, INE 2008), y por tanto estos valores se encuentran en los niveles previsibles. Sin embargo en comparación con los niveles registrados en las estaciones no urbanas del Valle del Guadalquivir (ej. *Aljarafe* en Sevilla, *Asomadilla* en Córdoba, y *Las Fontezuelas* en Jaén), los valores son relativamente moderados. Solo se registran niveles inferiores en puntos como *Cartuja* o *Alcornocales* (este ya realmente en el margen exterior del valle del Guadalquivir), sugiriendo que posiblemente al sur de Cádiz (Chiclana-Vejer) se registren los niveles más bajos (aunque no necesariamente por debajo del valor objetivo) en el eje principal del Valle del Guadalquivir.

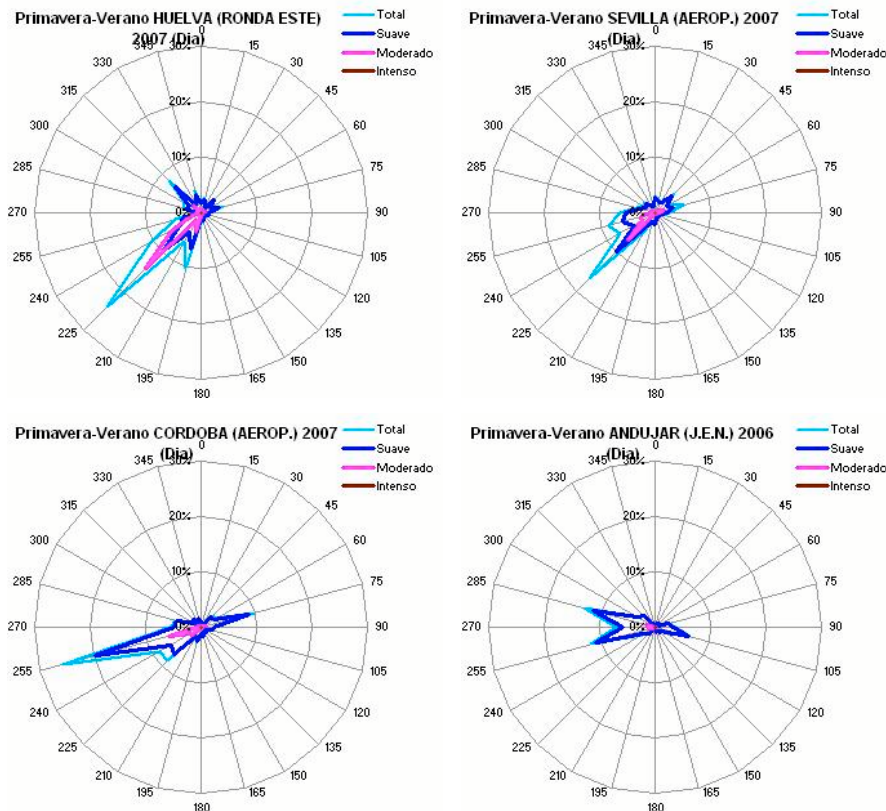


Figura 8.1.6: Secuencia de rosas de viento de día (entre las 7 y las 19 UTC) entre Abril y Septiembre de 2007 (2006 en el caso de Andújar) a lo largo del eje del Valle del Guadalquivir. Se puede apreciar la clara canalización del valle e incluso el suave giro del viento inicialmente de SO a O en Córdoba y Andújar siguiendo la orientación que define la orografía. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

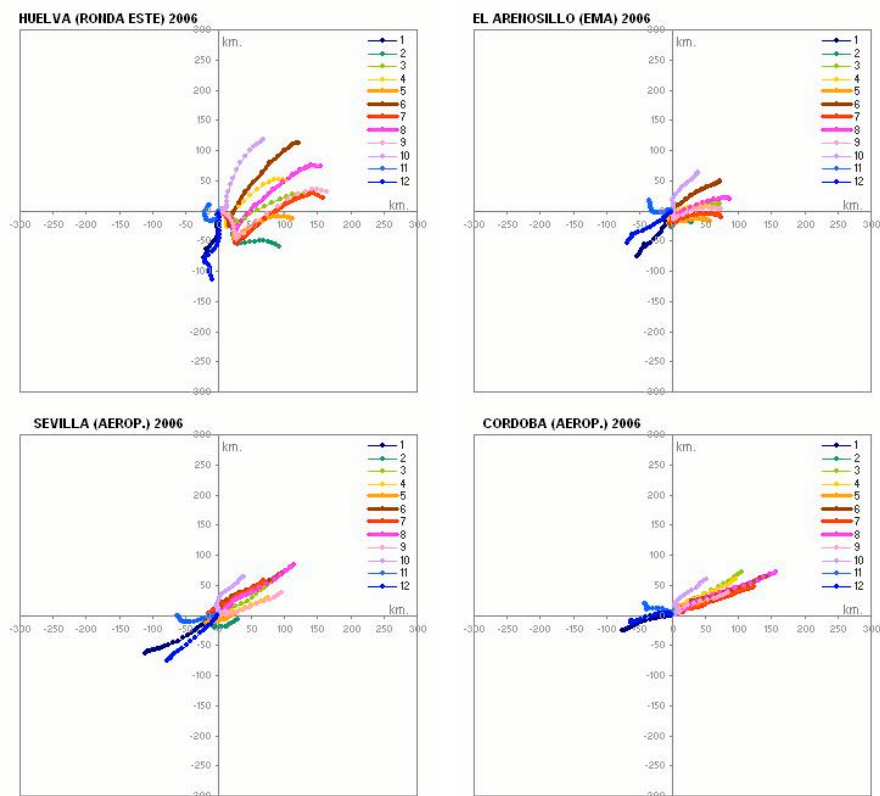


Figura 8.1.7: Seudotraectorias diarias promedio (ver definición en figura 7.2) para cada mes en cuatro puntos del valle del Guadalquivir. Entre Abril y Septiembre la circulación es invariablemente del SO, y la distancia de transporte se encontraría en el rango de los 150 a 200 Km.

A partir de todo lo expuesto se pueden presumir niveles elevados en todo el valle del Guadalquivir, pero conviene extender las medidas a emplazamientos rurales que permitan mejorar el conocimiento del gradiente de las concentraciones en todo este territorio. En términos de la evaluación anual, es decir de la contabilidad de superaciones en el periodo anual y de la AOT, los niveles más elevados podrían encontrarse a sotavento de Sevilla, a medio camino entre Sevilla y Córdoba, y los más moderados en la provincia de Cádiz y el Norte de Jaén menos expuestos a las emisiones de Huelva y Sevilla.

b) En los territorios al **norte del valle del Guadalquivir**, sobre las faldas orientadas al sur de Sierra Morena, las circulaciones de viento en primavera y verano están influenciadas por el calentamiento solar, que da lugar a vientos anabáticos (brisas de valle) en dirección N, canalizados a lo largo de los numerosos valles de orientación N-S (figura 8.1.8). En estos puntos, especialmente los que se encuentran en la vertical del área entre Sevilla y Córdoba habrá que esperar que parte de la masa aérea transportada a lo largo del eje del valle se desvíe hacia el norte, y por tanto que estén en alguna medida expuestos a la influencia de los productos secundarios, entre ellos el ozono, formados en el seno de dicha masa aérea.

Este es el caso de la estación *Sierra Norte*, que registra niveles por encima de los valores objetivo de protección a la salud, con 37 superaciones del valor objetivo como promedio de los tres años 2005-2007 (aunque con una tendencia muy marcada a la disminución de superaciones dentro de esos tres años), y una AOT de $24.218 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ como promedio de los mismos tres años en los que se aprecia la misma tendencia (en 2003 y 2004 la cobertura no alcanza los requisitos establecidos por la legislación). Junto con la estación *Asomadilla* en Córdoba este es el emplazamiento que registra en promedio las mayores concentraciones entre las 16 y las 18 UTC en primavera y verano. De hecho en este punto el máximo diario ocurre en ese momento del día, unas 2-3 horas después que en la mayoría

de estaciones. Este retraso va asociado a la entrada tardía de una pequeña parte de la masa aérea contaminada que penetra desde el valle (figura 8.1.9).

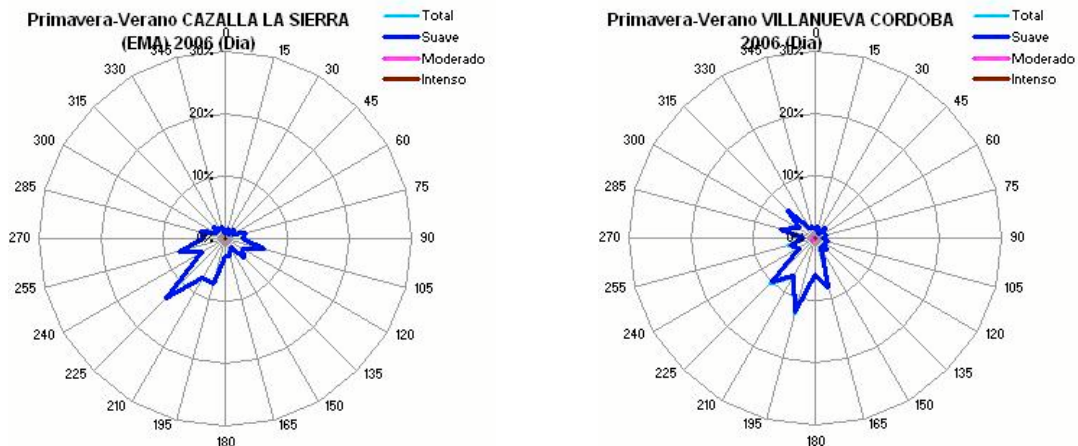


Figura 8.1.8: Rosas de viento de Cazalla de la Sierra y Villanueva de Córdoba en (datos de Primavera-Verano de 2006, no se dispone de los datos de 2007), ambas en Sierra Morena al norte de Sevilla y de Córdoba respectivamente. **Legenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

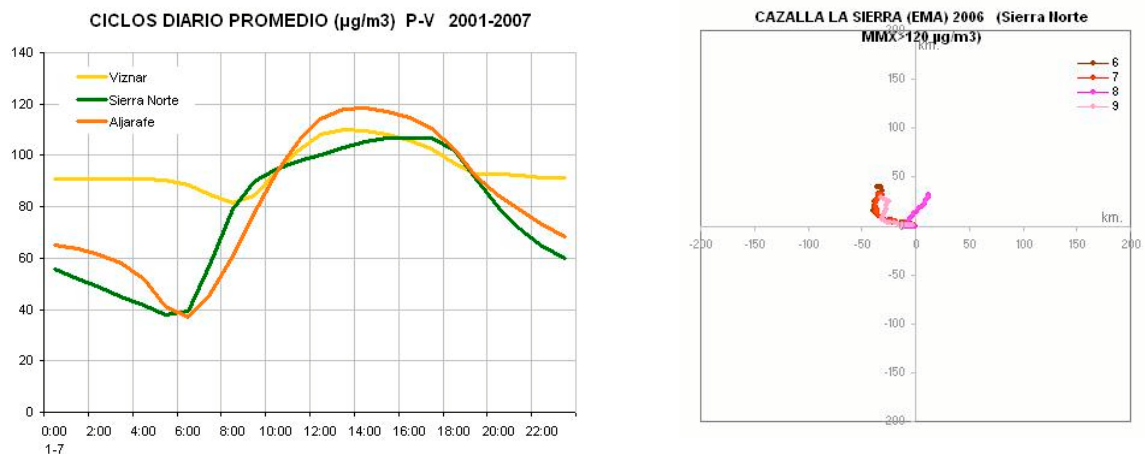


Figura 8.1.9: (Izda) Ciclo diario promedio de Primavera y verano en tres estaciones de Andalucía. El máximo en Sierra Norte está claramente retrasado respecto a los de Aljarafe y Viznar. (Dcha) Seudotraectorias de Junio a Septiembre calculadas a partir de los datos de 2006 de la torre de Cazalla de la Sierra filtrados para los días con superación del valor objetivo en Sierra Norte, en todas se registra un transporte desde el sur con un alcance en el rango de 50 km. o menos.

Es difícil de determinar si los niveles registrados en *Sierra Norte* son representativos de toda Sierra Morena. En principio esta franja, aunque en un margen, se encuentra dentro de la cuenca aérea del valle del Guadalquivir, y no se contempla como propuesta el separarla en una zona diferenciada. Pero se pueden esperar gradientes en la dirección longitudinal, con valores decrecientes hacia el Noreste, y transversal, con valores decrecientes hacia el norte, que de confirmarse recomendarían separar parte de este territorio para no penalizar su evaluación en base a los niveles que se registran en las estaciones actuales.

c) Por último en los territorios al **sur del Valle del Guadalquivir** la complejidad del terreno, con variedad de sierras de diferentes envergaduras y orientaciones, provoca igualmente variedad de situaciones. De hecho hay que distinguir como mínimo dos zonas

diferenciadas: i) la franja entre la cordillera Subbética y la Penibética, que abarca el área de Antequera, la Vega de Granada y la Hoya de Guadix, junto los límites montañosos al norte y sur que la delimitan. En esta franja pueden competir vientos locales de origen orográfico, con las circulaciones del Guadalquivir y con las circulaciones de brisa, estas dos últimas penetrando por puntos que abren esta franja al norte y al sur respectivamente, y ii) la franja costera al sur de la línea Penibética, muy estrecha entre Gibraltar y El Ejido, y más amplia en la parte oriental de Almería. En esta franja costera predominan las circulaciones de brisa aunque muy interferidas por las potentes circulaciones en el eje E-O que se producen como consecuencia de la diferencia de presiones a ambos lados del estrecho.

En la primera de ambas, la **franja interior**, solo se dispone de estaciones en Granada y la estación EMEP de *Víznar*, que no pueden considerarse representativas de los niveles de ozono en toda esa zona (los registros de *Víznar*, en altura y a sotavento de la ciudad muestran un comportamiento muy influenciado por el entorno, diferente al que pueda registrarse en el área de Loja o de Guadix).

La rosa de vientos calculada a partir de los registros de la torre meteorológica de AEMET en *Loja* permite apreciar la entrada de viento desde el valle del Guadalquivir (figura 8.1.10). No hay torres adecuadamente situadas que puedan confirmar la entrada de vientos de componente Sur desde la costa, aunque la torre de Almería muestra claramente esta componente Sur de la brisa, que en ocasiones se prolongará hacia Guadix a través del paso entre Sierra Nevada y Sierra de Baza (la torre meteorológica del AEMET en Abla, en medio de este paso registra vientos del NE a causa de un forzamiento orográfico local y no es útil para el seguimiento de esta circulación).

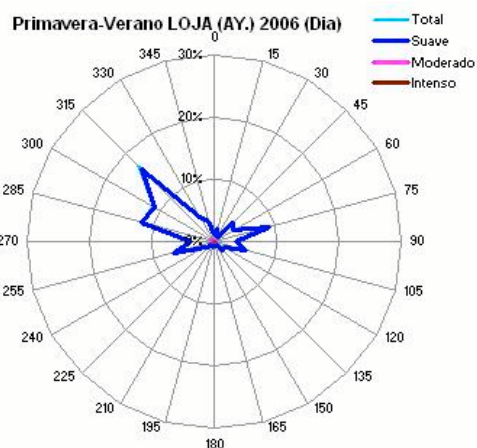


Figura 8.1.10: La torre de Loja registra la componente del NO asociada a la entrada de vientos desde el valle del Guadalquivir.
Leyenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Esta zona es por tanto un área de transición entre la depresión del Guadalquivir y la costa mediterránea que puede considerarse como una cuenca aérea diferenciada, y por tanto delimitarse en una zona diferenciada del resto.

En cuanto a la **franja costera** en este área predomina la brisa (figura 8.1.11) favorecidas por el calentamiento por la radiación solar de las laderas orientadas al Sur. La posibilidad de dispersión en diferentes puntos de la costa puede estar más o menos favorecida por la proximidad de la barrera montañosa, que prolonga o comprime el alcance de las brisas.

En el extremo oriental son además frecuentes los vientos que bajan paralelos a la costa en dirección al estrecho (figura 8.1.12). Estos vientos de mayor recorrido ayudarían a dispersar las concentraciones y a moderar los niveles máximos de ozono en este área, sin embargo varias estaciones de la zona *Garrucha*, *Nijar* y *La Joya* presentan en 2007 un

número de superaciones significativo (*Nijar* y *La Joya* apenas disponen de datos con anterioridad a 2007, pero *Garrucha* muestra una tendencia creciente en este número en los tres años de 2005 a 2007, 8 ,14 y 26 superaciones, sin que exista una explicación para ello). Al otro extremo de esta franja costera hay que considerar por separado el área de influencia de la ciudad de Málaga, capital por encima de los 500.000 habitantes, junto con las localidades turísticas de su entorno (*Torremolinos*, *Fuengirola*, *Benalmadena* y *Marbella*), que en verano aumentan considerablemente su población. A sotavento de estas ciudades el relieve define una cuenca aerea bien delimitada y de dimensiones considerables. El transporte de estas emisiones puede alcanzar el área de *Bobadilla-Antequera*, incluso en ocasiones el valle del *Guadalquivir*, aunque esta posibilidad no puede confirmarse por carecer la red de estaciones estratégicamente situadas. En el apartado siguiente se proponen dos puntos de medida para el análisis de este transporte.

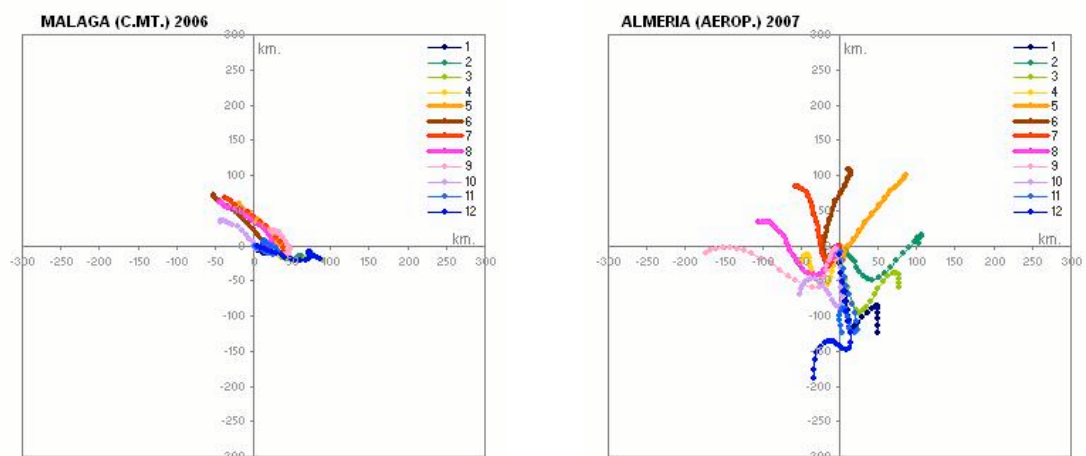


Figura 8.1.11: Seudotrayectorias generadas a partir de las torres de Málaga y Almería. En ambos casos se aprecia claramente la circulación de brisa en el eje perpendicular a la costa en los meses entre Abril y Septiembre.

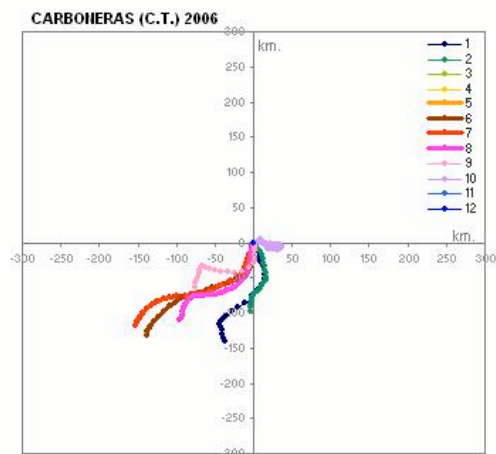


Figura 8.1.12: Seudotrayectorias calculadas a partir de los registros de la torre meteorológica de AEMET en la Central Térmica de Carboneras.

- **Estacionalidad, evolución interanual y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.1.13 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono en Andalucía. Solo se representan los datos de las estaciones rurales, más representativas de las concentraciones en todo el territorio. Esta pauta, semejante a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, responde al ciclo

anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año.

La figura 8.1.14 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Andalucía, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España. Destaca el hecho de que en la red andaluza, a diferencia de lo que ocurre en el caso general, los niveles en de ozono en los tres tipos de entorno (urbano, suburbano y rural) son semejantes. De hecho en 2007 son prácticamente iguales en promedio, y se sitúan en torno a los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, igual que las estaciones rurales y suburbanas para el conjunto de estaciones representativas. Esta situación "anómala" se debe probablemente a las altas concentraciones que se registran en las estaciones urbanas de Andalucía, especialmente las de Sevilla, por las razones que se han comentado anteriormente en el apartado 8.3.1. Aparte de esto las series no muestran ninguna tendencia clara, en todo caso un leve incremento desde 1996 en la serie de estaciones urbanas.

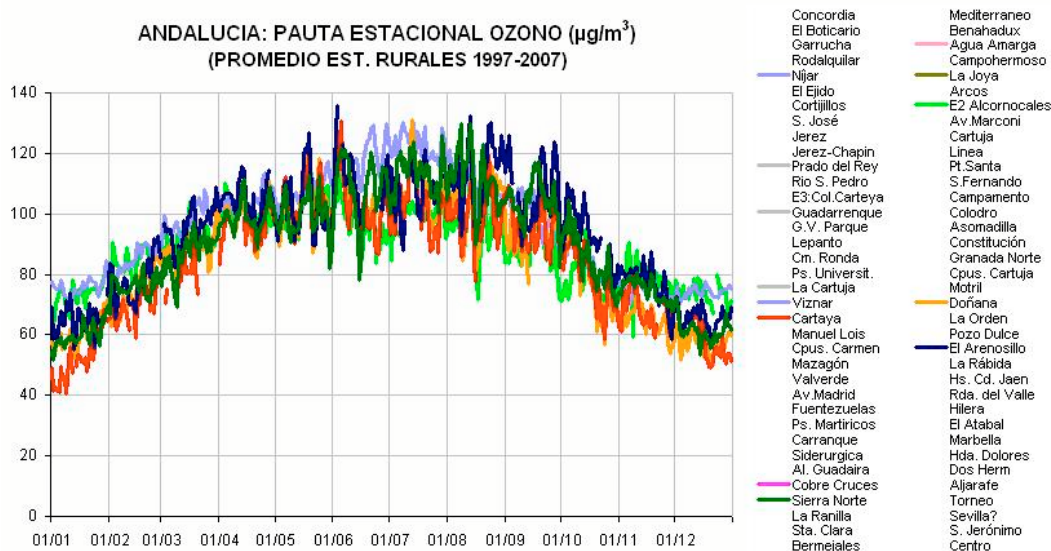


Figura 8.1.13: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Andalucía, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación frecuente en alguna de las estaciones del valor objetivo de protección a la salud.

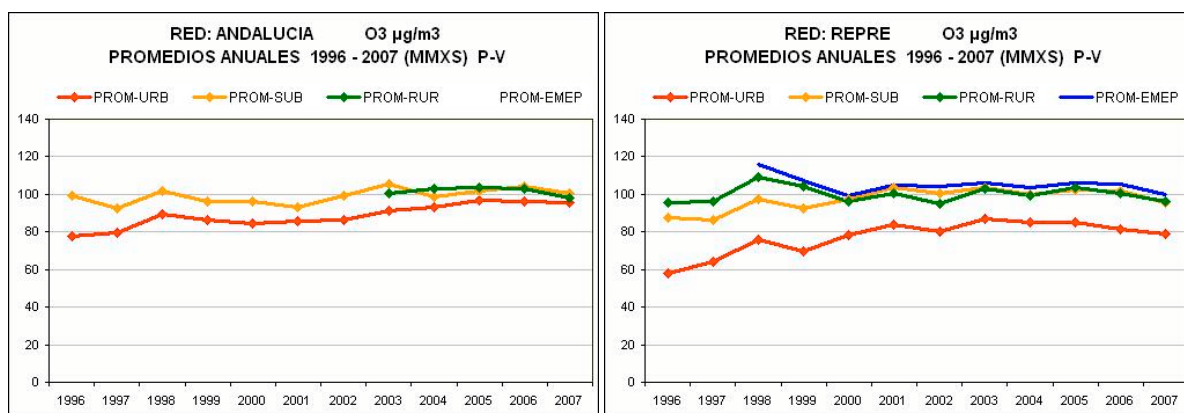


Figura 8.1.14: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Andalucía. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.1.4. Revisión de Recomendaciones.

En el mapa de la figura 8.1.15 recoge las propuestas en cuanto a zonificación y puntos de medida para la optimización de la red de Andalucía. Respecto a la propuesta de Julio de 2007 se ha eliminado un punto equivalente a las actuales estaciones de *Arcos* y *Prado del Rey*, y en base a los datos registrados en estas estaciones y su comparación con las cabinas del área de Aljeciras-Alcornocales se ha refinado la propuesta de zonificación en el extremo sur de la provincia de Cádiz. En este extremo se pueden presumir niveles más reducidos de ozono a causa de la influencia de los vientos en el estrecho. Igualmente se ha refinado la zonificación del área de influencia de Málaga-Fuengirola-Marbella atendiendo a criterios orográficos. Y además se ha delimitado por separado la franja de Sierra Morena, en la anterior ocasión también sugerida pero no expresamente señalada en el mapa. Esta delimitación se apoya en los niveles actuales que se registran en *Sierra Norte*, que se han reducido considerablemente desde el año 2005, pero se requiere mejorar el conocimiento de la situación a partir de los dos emplazamientos propuestos (6) en esa zona, y de los datos que se obtengan de *Sierra Norte* en los años siguientes a 2007.

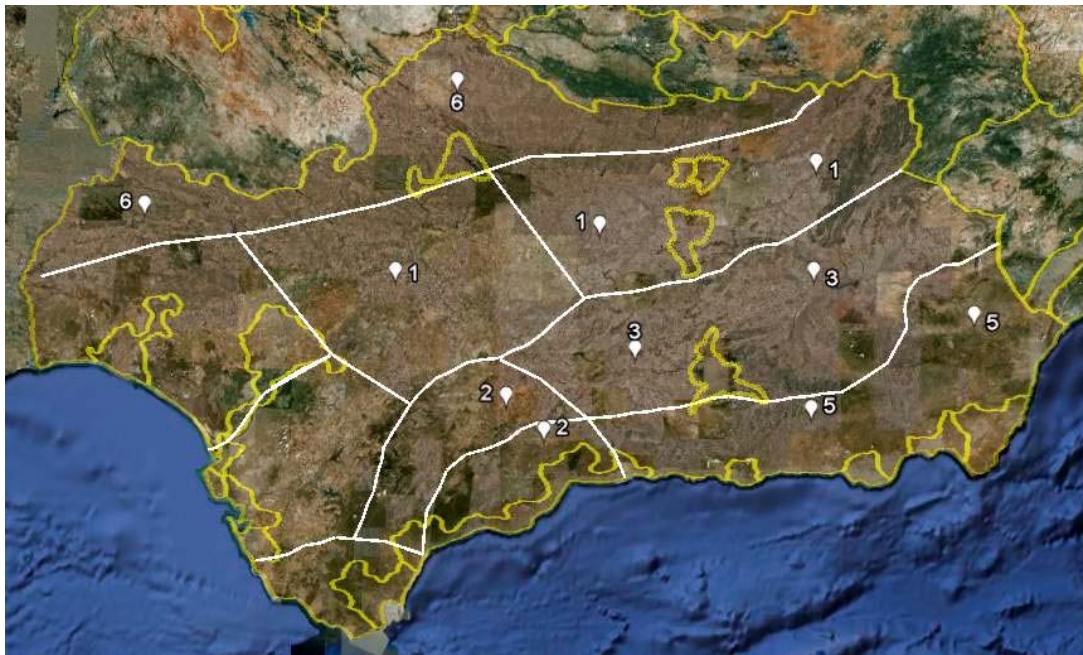


Figura 8.1.15: Propuestas de optimización de la zonificación y la red de Andalucía

Los puntos de medida se agrupan por pares, y están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y torre meteorológica. Las campañas deben extenderse por un periodo mínimo de 1 mes, de forma continuada o en dos periodos de quince días en los meses de primavera y verano, preferentemente en Junio-Julio, cuando se registran los mayores niveles de ozono en la red. La idea es cubrir cada par con dos unidades móviles operando simultáneamente. Se trata con este esquema de determinar en la medida de lo posible los niveles y los gradientes de concentración de ozono en las diferentes zonas propuestas. A partir de las medidas obtenidas en estos emplazamientos se seleccionarían los más apropiados para la medida fija en continuo, y se confirmaría la conveniencia de las nuevas zonas propuestas. Es fundamental, como ya se ha señalado, contar con registros simultáneos de las variables meteorológicas, por lo que las UM deben estar equipadas con torre meteorológica. En

todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones...).

La **líneas continuas** separan las diferentes cuencas aéreas establecidas a partir del análisis conjunto de los registros meteorológicos y de ozono. En primer lugar se ha separado el valle del Guadalquivir del resto del territorio. Y dentro de este en la parte baja se consideran por separado dos zonas: una que coincide aproximadamente con la provincia de Huelva, bajo la influencia del transporte de las emisiones costeras de la capital y su área industrial, y otra zona que abarca el norte de la provincia de Cádiz, y el sur de Sevilla. En estas zonas se pueden esperar en principio niveles más moderados que en los puntos a sotavento de Sevilla (aunque no necesariamente por debajo de los valores objetivo). Por su parte al sur de Cádiz, como se ha dicho anteriormente, se delimita por separado la zona bajo la influencia de los vientos del estrecho. Los puntos (1), de los cuales el más oriental coincide con la posición de la cabina *Villanueva* (solo sería necesario complementar esta cabina con un monitor de ozono), pretenden mejorar el conocimiento de las concentraciones de ozono a lo largo de todo el valle en áreas alejadas de la influencia de emisiones en su entorno.

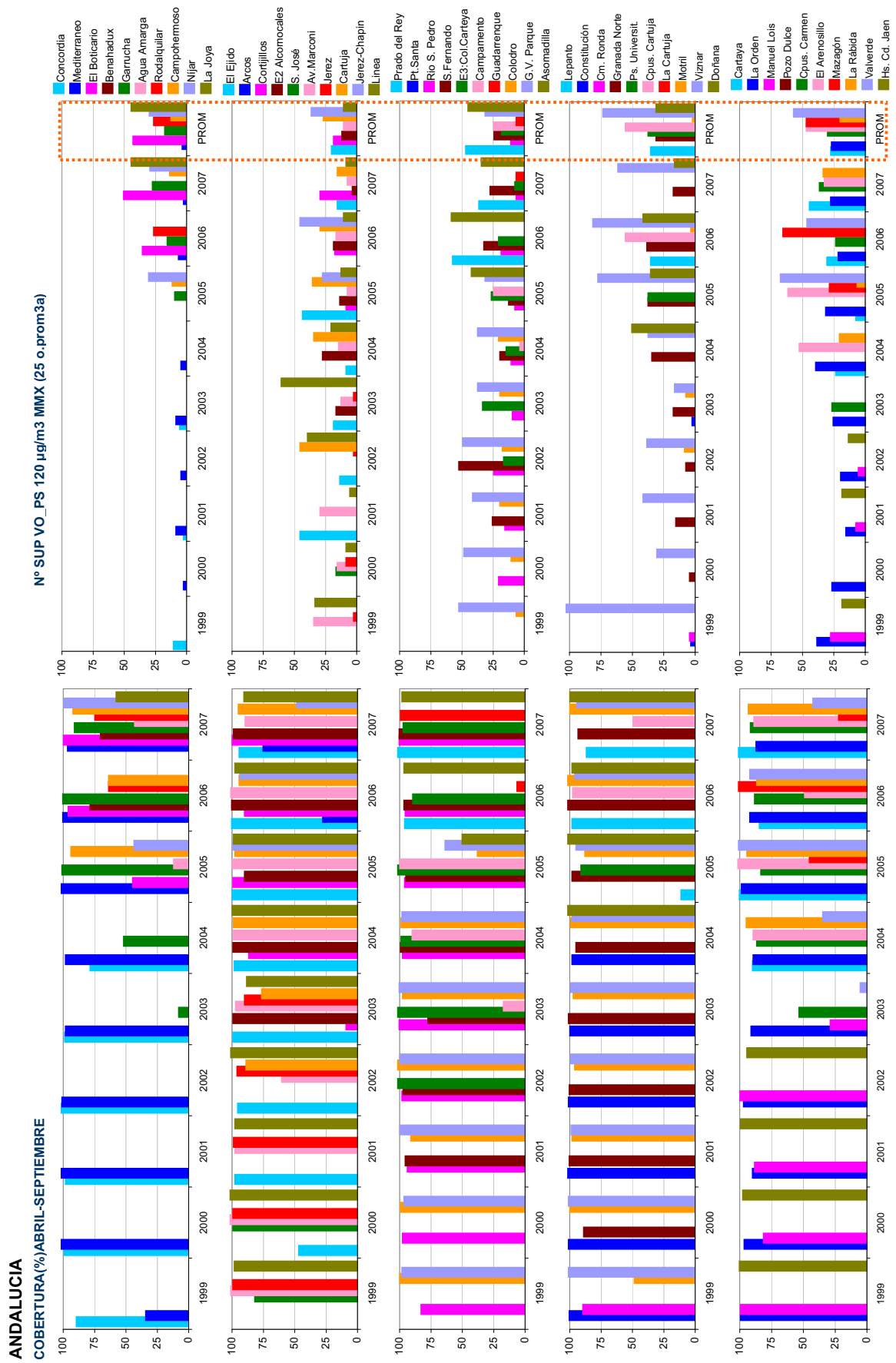
En segundo lugar, al sur de la depresión del Guadalquivir, se han separado dos territorios: la franja costera mediterránea, y la franja interior entre las cordilleras Subbética y Penibética. La segunda es una zona de transición con influencia tanto de las circulaciones del valle del Guadalquivir, que pueden penetrar por Loja hacia la Vega de Granada, como de las brisas del mediterráneo, que pueden penetrar desde el sur por los pasos entre Málaga y Antequera, desde Motril hacia Granada, o desde Almería hacia Guadix, entre Sierra Nevada y Sierra de Baza. Y en la franja costera, donde predominan las brisas se delimita por separado el área de influencia de Málaga y las localidades vecinas hasta Marbella, con una cuenca bien definida por la orografía, en la que se pueden presumir niveles más elevados de ozono, originados en gran parte por las emisiones urbanas.

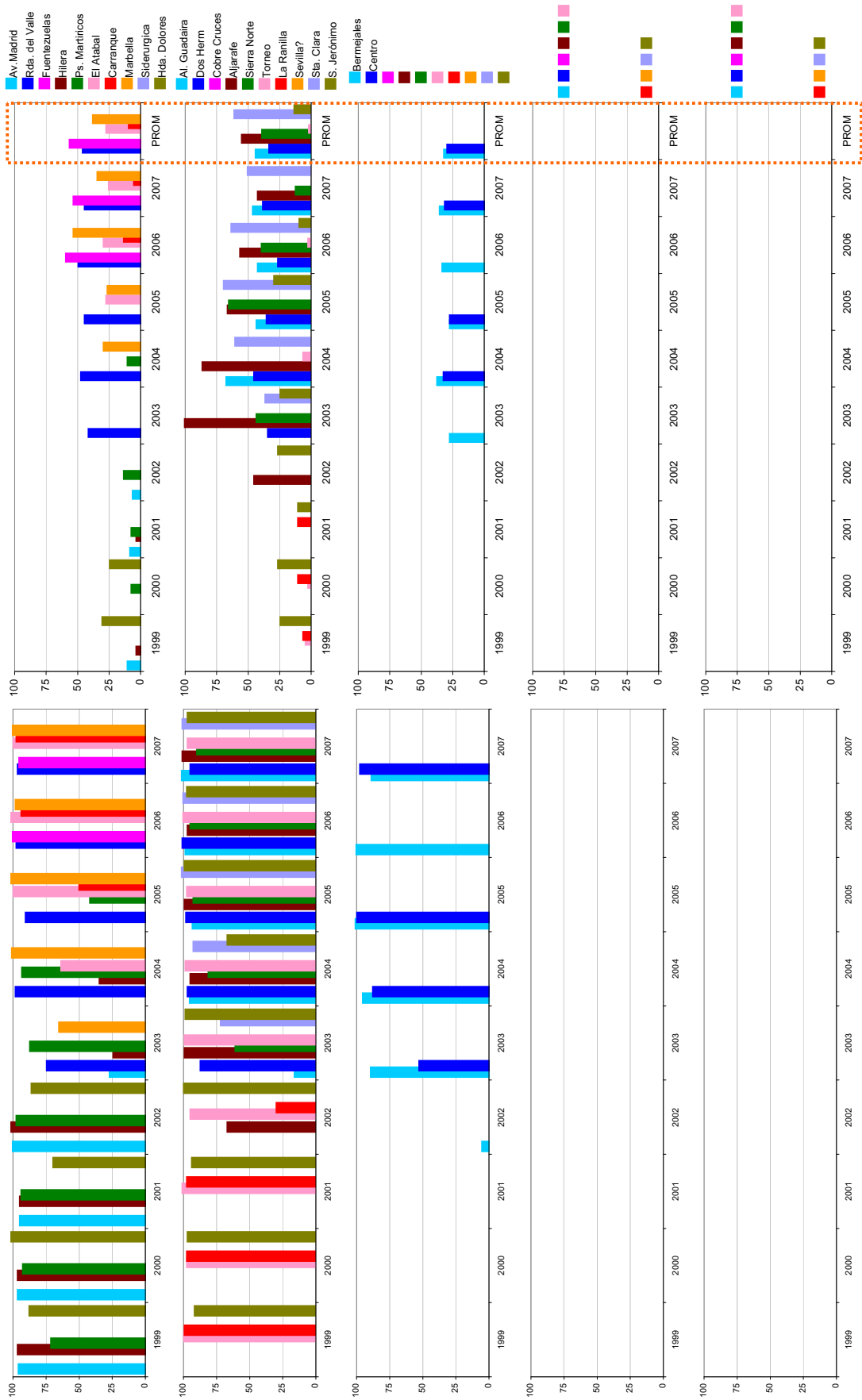
La **línea** que cruza el valle del Guadalquivir a la altura de Córdoba no separa áreas de calidad del aire diferente (en los términos en que se ha definido el concepto de calidad de aire equivalente en el contexto de este estudio). Sin embargo se considera conveniente delimitar en la medida de lo posible el área de influencia de Sevilla, en donde se pueden esperar los mayores valores de concentración de ozono de todo el territorio de Andalucía.

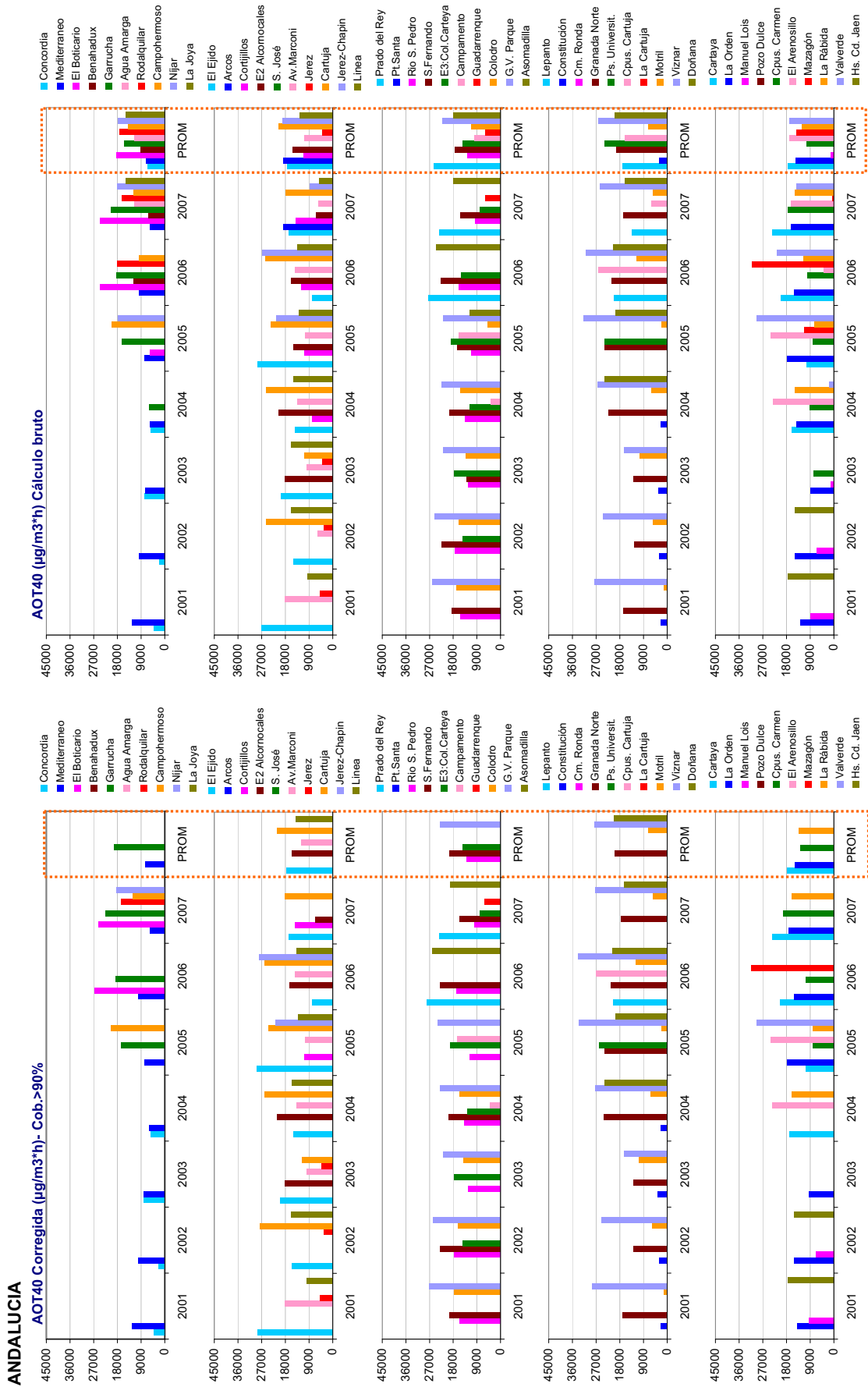
Con el par de emplazamientos (6) se pretende valorar el gradiente S-N en toda la franja de sierra Morena. Como se ha visto los datos de la estación *Sierra Norte* registran niveles por encima de los valores objetivo, y por eso no se ha considerado en principio la necesidad de delimitar por separado la franja de Sierra Morena. Sin embargo esto podría revisarse en función de las medidas registradas en este par de emplazamientos propuestos, que podrían estar fuera del alcance de la influencia de la masa aerea que circula por la depresión del Guadalquivir, y con niveles por debajo de los registrados en *Sierra Norte*.

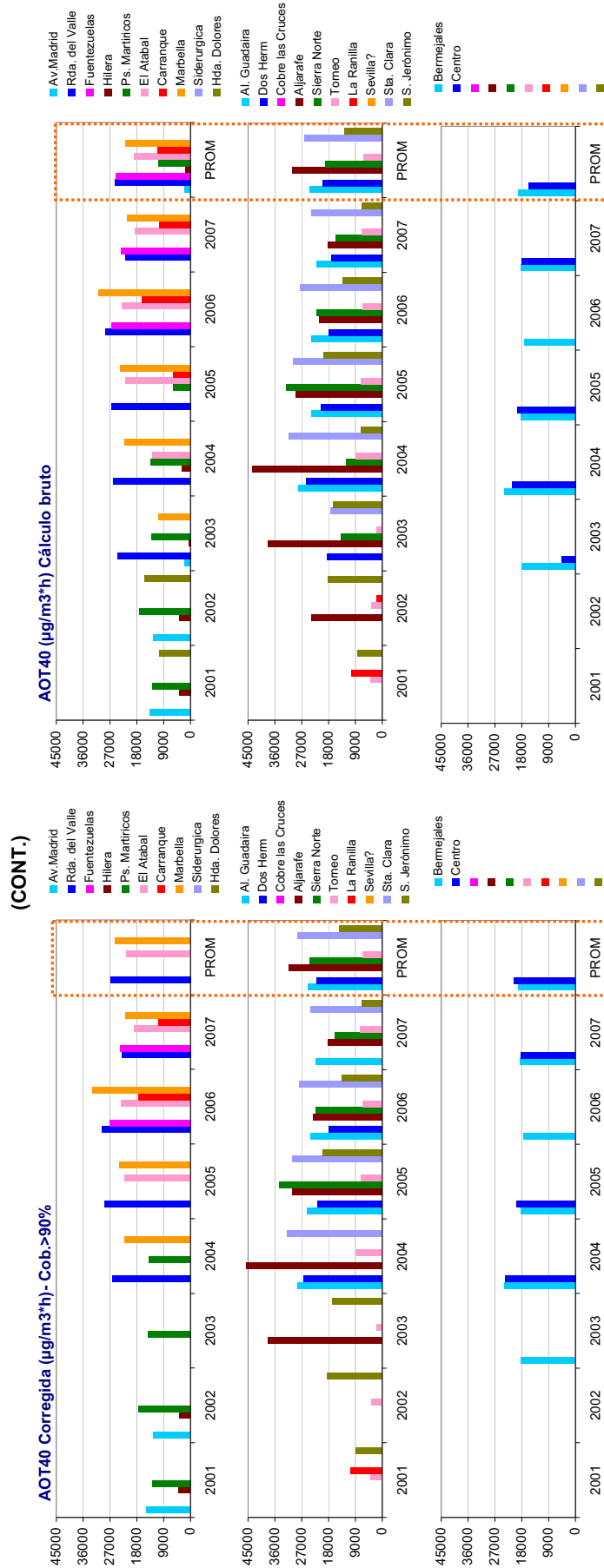
8.1.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Andalucía las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.









8.2. Optimización de la red de calidad del aire de Aragón.

8.2.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Aragón contaba en 2007 con un total de 29 estaciones automáticas de calidad del aire, con 22 de ellas dotadas de monitor para la medida de ozono (figura 8.2.1). Desde el diagnóstico y propuesta de optimización realizadas en Julio de 2007 (Informe final del primer periodo bianual del estudio), en base a los datos disponibles hasta 2005, han tenido lugar los siguientes cambios: En 2006 se han dado de baja en 2006 tres estaciones; *Camarena* en el sur de Teruel, *Paraninfo* y *Miguel Servet*, ambas en la ciudad de Zaragoza. Y por el contrario se han dado de alta la misma cantidad de ellas: en 2007 *Caspe*, al Este de la provincia de Zaragoza, y en 2006 *Las Fuentes* y *Centro*, ambas en la ciudad de Zaragoza, y probablemente resultado del traslado de las dos anteriores bajas.

Esta red está formada en realidad por varias subredes de todo tipo: La red regional de Aragón (RRICAA), la red municipal de Zaragoza, y las redes privadas asociadas a las centrales térmicas de Andorra, Escatrón, y Escucha. Estas últimas se concentran en el límite oriental entre las provincias de Zaragoza y Teruel, donde existe una alta densidad de estaciones de tipo rural, lo que puede considerarse como una situación casi excepcional a nivel de toda España (ocurre algo semejante en el área de Ponferrada- Anllares del Sil en Castilla-León). En esta zona se localizan además el resto de estaciones de Aragón en las cuales no se mide ozono (figura 8.2.2).

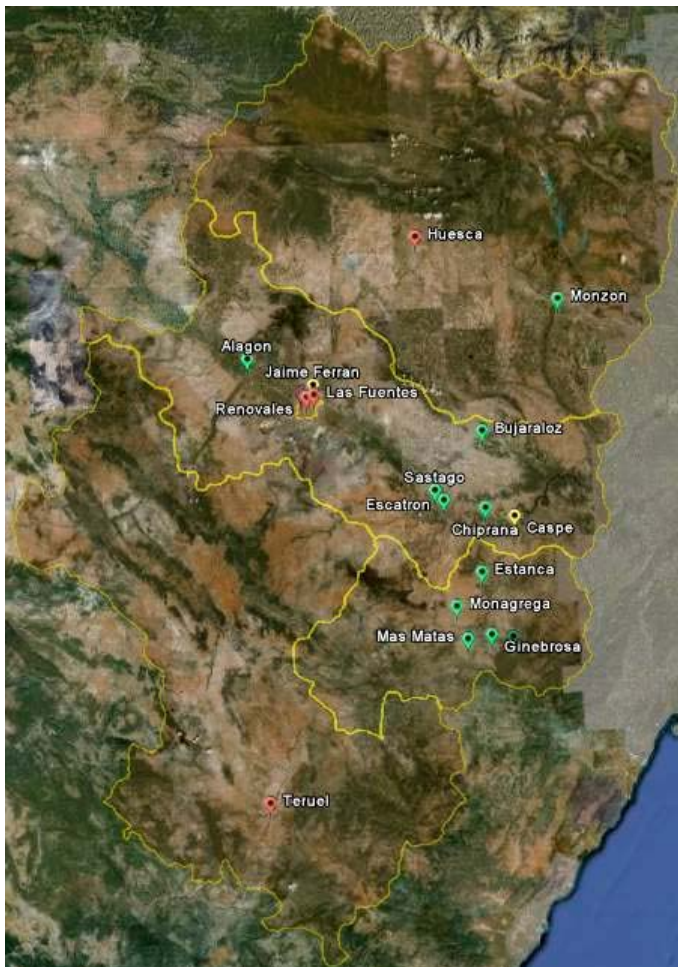


Figura 8.2.1.: Emplazamientos de la Red de Calidad del aire de Aragón en 2007 (solo donde se mide ozono) sobre el mapa de zonificación (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)



Figura 8.2.2: Estaciones de Aragón que no disponen de monitor de ozono (2007)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0201	COMUNIDAD DE ARAGÓN PIRINEOS	16,932.24	199,800	NO	1	--	1
ES0202	VALLE DEL EBRO	10,488.67	177,125	NO	6	1	--
ES0203	BAJO ARAGÓN	4,417.16	57,959	NO	5	--	--
ES0204	CORDILLERA IBÉRICA	15,725.66	142,530	NO	--	--	1
ES0205	ZARAGOZA	166	626,801	SÍ	--	2	5

Tabla 8.2.1: Listado de zonas y reparto de estaciones de ozono por zona en función del tipo de entorno 2007. (Superficie expresada en Km²)

El mapa de zonificación define 5 zonas, siendo *Zaragoza* la única de tipo aglomeración. Esta zonificación diferencia el *Valle del Ebro* de los territorios al norte y al sur. Los del norte incluidos en una única zona, *Pirineos*, que además del Pirineo aragonés abarca también la comarcas de transición entre la montaña y el valle (Cinco Villas, Hoya de Huesca, Monegros, Somontano...). Y los territorios al sur están divididos en dos zonas: *Bajo Aragón*, en el noreste de la provincia de Teruel, y *Cordillera Ibérica*, que abarca el resto de Teruel y el sur de Zaragoza, extendiéndose desde las comarcas del Maestrazgo, Gudar- Javalambre y Albarracín hacia el NO hasta el Moncayo.

La única aglomeración de Aragón es *Zaragoza* y las cifras de la tabla revelan que en ella no se cumplen los requisitos establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas (se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano). En cualquier caso *Zaragoza* con unos 625.000 habitantes requiere según ese mismo anexo un mínimo de 2 estaciones, de manera que bajo esa interpretación, con 2 estaciones suburbanas cumple de sobra esa condición. Otra cuestión es si realmente el emplazamiento *El Picarral*, e incluso *Jaime Ferrán* pueden considerarse de tipo suburbano. Los autores de este estudio manifiestan sus dudas en este sentido.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.2.3 muestra que el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural), se ha mantenido sin apenas variaciones desde 1995. La figura de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno.

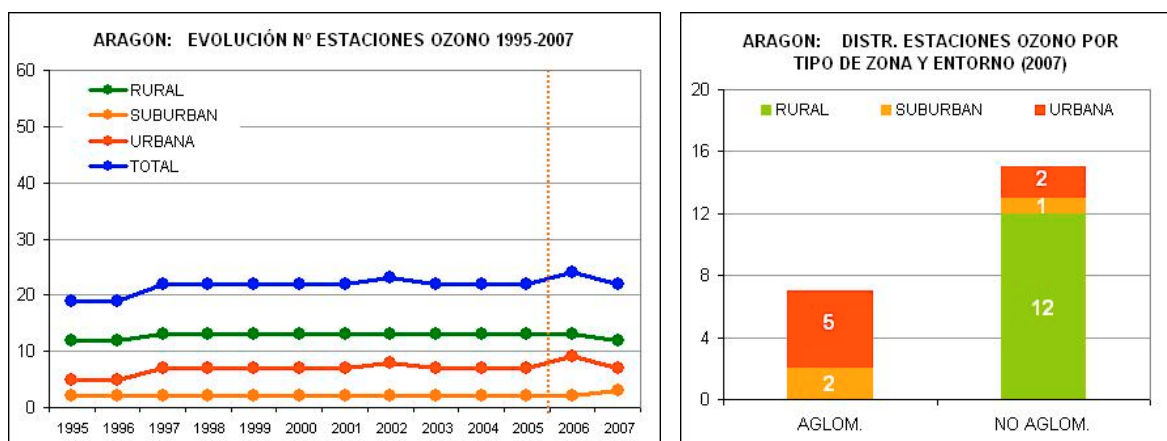


Figura 8.2.3: (Izda.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Los escasos cambios antes comentados no han modificado significativamente la configuración de la red entre 2005 y 2007. De echo la instalación de una estación como *Caspe*, en una zona ya saturada de ellas, y por el contrario la pérdida de una estación como *Camarena* en un punto de interés (es la única estación que se localizaba en altura y en una zona con poca disponibilidad de estaciones, aunque en realidad no venía ofreciendo datos de calidad), ha empeorado si cabe la cobertura de la red.

La distribución espacial de la red, aunque extensa, continua cubriendo el territorio de forma desigual. Así, en la zona *Bajo Aragón* hay muchos emplazamientos operativos para la media de ozono (y muchos más que no miden ozono), y sin embargo en otras áreas del territorio existen huecos importantes en la cobertura. La zona *Cordillera Ibérica*, donde se ha dado de baja la estación *Camarena a finales de 2006*, solo cuenta con una cabina, *Teruel*, que es además de tipo urbano, y por tanto con un radio de representatividad limitado. Y la zona *Pirineos* solo cuenta con una estación de tipo rural, *Monzón*, además de otra urbana en Huesca. La cabina de *Monzón* no puede considerarse representativa de los niveles en las montañas de Pirineos (con diferencias que pueden estimarse en base a los registros comparados de las estaciones de *Juneda* y *Sort*, en el oeste Cataluña, en una situación semejante a la que pueda darse entre *Monzón* y un punto más al norte en el Pirineo. Las superaciones del valor objetivo de protección a la salud son más escasas en *Sort*, y también son sensiblemente inferiores los valores anuales de la AOT40). Algo similar puede decirse de la estación de *Camarena* respecto a la zona *Cordillera Ibérica*. Las cabinas *Huesca* en la zona *Pirineos* y *Teruel* en la zona *Cordillera Ibérica* tampoco cubren estos huecos por la mismas razones, y por que además su carácter urbano reduce su radio de representatividad.

Como en el caso de otras redes la escasez de registros meteorológicos asociados a las medidas de contaminantes ha dificultado la interpretación de los registros (solo se dispone de datos en *Monzón*, *Alagón* y *Camarena*). De existir datos meteorológicos asociados a los de calidad del aire estos mejorarían sin duda la interpretación de las series de ozono, y las conclusiones que se exponen en este bloque (la metodología aplicada en este estudio comienza precisamente con el análisis previo de los datos meteorológicos).



De igual forma que en el resto de casos este hueco se ha suplido en parte con datos de torres de AEMET suministrados por el Ministerio de Medio Ambiente, fundamentalmente de los años 2005 a 2007, y con mucha menor cobertura geográfica de 2003 y 2004 (figura 8.2.4). Aunque se pierde en gran medida la representatividad estadística al disponer únicamente de un año, y también la valiosa coincidencia del punto de medida para ozono y para variables meteorológicas, sí se ha conseguido la identificación de los rasgos más característicos de la dinámica de contaminantes en este territorio.

Figura 8.2.4: Red de torres meteorológicas de AEMET disponibles para el estudio.

8.2.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.2.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.2.5 representa con una línea azul asociada a cada estación la disponibilidad de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis de datos se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los datos de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminar estos datos en las distintas fases del análisis.

En la revisión y validación de los datos se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de los diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través de los últimos Seminarios de Calidad del aire en España, y a través de este mismo estudio con la organización de la jornada de trabajo sobre validación de datos.

Hay que señalar que en esta red se ha detectado una cantidad importante de datos no válidos. En el periodo 1996-2007 se han anulado un 14.5 % de los datos. Estas medidas erróneas, filtradas para el análisis, afectan especialmente a las estaciones de la aglomeración de Zaragoza hasta finales del 2000, a la estación de *Camarena*, con frecuentes saltos bruscos de varias decenas de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en todo el periodo, y a la estación de *Alagón*, con registros infravalorando claramente las concentraciones entre Septiembre de 1997 y Septiembre de 1999, y más tarde en verano de 2000. En particular en los dos últimos años del periodo, 2006 y 2007, se han anulado el 6.67 % y el 9.58 % de los datos

respectivamente. Los periodos más largos de datos anulados en los dos últimos años, tomando como referencia los superiores a un mes de duración, corresponden a: *Escatrón* 1/1/2007-28/2/2007, 29/4/2007-24/09/2007, y 4/10/2007- 31/12/2007; *Camarena* del 30/3/2006 al 8/5/2006, del 13/7/2006 al 23/10/2006; *Teruel* del 17/3/2006 al 16/6/2006; *Chipriana* del 5/10/2007 al 21 /12/2007; *Nuclear* del 4/4/2007 al 10/6/2007; *Sastago* del 17/1/2007 al 28/2/2007; *Roger de Flor* del 21/3/2006 al 6/6/2006; *El Picarral* del 2/1/2007 al 12 /2/2007.

Los porcentajes señalados revelan la presencia de un número significativo de datos que no satisfacen los criterios de calidad. En los últimos años la cantidad de estas medidas erróneas presentes en las series de datos se ha reducido aunque se considera que han de hacerse mayores esfuerzos en la depuración o validación de los datos.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	PROVINCIA	ZONA	ENTORNO
E22125001	Huesca	Huesca	Huesca	COMUNIDAD DE ARAGÓN PIRINEOS	URBANA
E22158001	Monzon	Monzon	Huesca	COMUNIDAD DE ARAGÓN PIRINEOS	RURAL
E44013002	Estanca	Alcañiz	Teruel	BAJO ARAGÓN	RURAL
E44051002	Monagrega	Calanda	Teruel	BAJO ARAGÓN	RURAL
E44054001	Camarena	Camarena de la Sierra	Teruel	CORDILLERA IBÉRICA	RURAL
E44077001	Cerollera	Cerollera (La)	Teruel	BAJO ARAGÓN	RURAL
E44118001	Ginebrosa	Ginebrosa (La)	Teruel	BAJO ARAGÓN	RURAL
E44145001	Mas Matas	Mas de las Matas	Teruel	BAJO ARAGÓN	RURAL
E44216001	Teruel	Teruel	Teruel	CORDILLERA IBÉRICA	URBANA
E50008001	Alagon	Alagon	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50059001	Bujaralo	Bujaraloz	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50074001	Caspe	Caspe	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	SUBURBAN
E50092001	Chiprana	Chiprana	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50101001	Escatron	Escatron	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50101002	Nuclear	Escatron	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50240001	Sastago	Sastago	Zaragoza	VALLE DEL EBRO	RURAL
E50297026	El Picarral	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	SUBURBAN
E50297027	Miguel Servet	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297028	Luis Vives	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297029	Roger Flor	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297030	Av. Navarra	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297031	Paraninfo	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297032	Jaime Ferran	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	SUBURBAN
E50297036	Renovales	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297037	Las Fuentes	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA
E50297038	Centro	Zaragoza	Zaragoza	ZARAGOZA	URBANA

Tabla 8.2.2: Listado de estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris las estaciones que se han dado de baja antes de 2007.

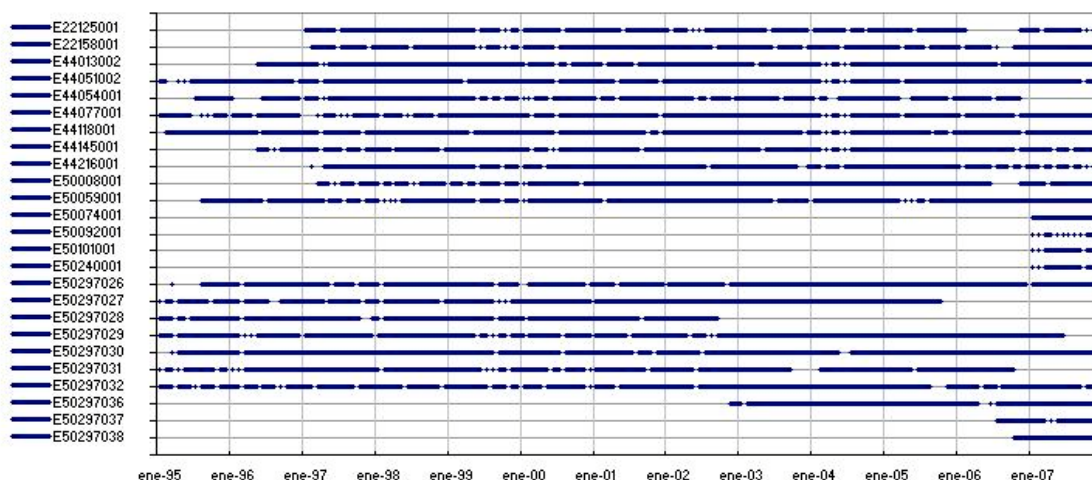


Figura 8.2.5: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de ficheros de promedios diarios. Los huecos indican periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración llevada a cabo por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Por otro lado se han detectado posibles desplazamientos respecto a la base horaria de referencia (UTC) en el estaciones del Bajo Aragón, que continuaban hasta 2007 al menos en *Estanca, Monagrega, Cerollera, Ginebrosa y Mas de las Matas*. En estas cabinas los datos van desplazados positivamente entre 1 y 2 horas (ej, para 1 hora de desplazamiento los datos de las 12:00 h son en realidad de las 11:00 UTC, y así para el resto de registros). La falta de datos de radiación no permite confirmarlo con total seguridad, aunque la hora en que se registran los máximos y mínimos en el perfil promedio diario de ozono, y el hecho de que existan diferencias antes y después de 2002 son indicios bastante claros. Esta situación, además de dificultar la interpretación de los datos de la red en su conjunto, tendría incidencia, de ser confirmada, en los resultados de superaciones del valor objetivo de protección a la salud y en el valor de la AOT40, que serian significativamente mayores a los calculados. Por ejemplo, al corregir el desplazamiento de 1 hora en 2007 en la estación *Estanca* (que en ese año registro los valores más altos de la AOT40 en la red de la zona *Bajo Aragón*), se pasa de un valor de AOT40 de 17622 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a uno de 20.003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valores correspondientes a la AOT corregida, y calculados después de la depuración de datos aplicada por el CEAM, en que se anularon los datos entre el 1 y el 10 de Mayo por ser anormalmente bajos). **La diferencia supone pasar de estar por debajo a estar por encima de los 18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que establece la legislación como referencia para la protección de la vegetación.**

En cualquier caso, en términos generales, la cantidad de datos disponibles y la extensa cobertura espacial de la red permite el diagnostico y la caracterización de la dinámica del ozono en sus aspectos más relevantes.

8.2.3. Dinámica del ozono en Aragón.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Aragón. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de la dinámica de contaminantes, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varia con el tiempo.

El **relieve** aragonés se caracteriza por la configuración de las tierras bajas del valle del Ebro entre las dos áreas montañosas de Pirineos al norte y la Cordillera Ibérica al sur. Los Pirineos se disponen de forma paralela al río Ebro y a unos 140 Km. de distancia media, y entre ambos el sector norte de la depresión del Ebro seguido de las tierras de transición en las que el terreno se eleva progresivamente. Al oeste en esta zona de transición las sierras de Loarre y Guara establecen una barrera orográfica que dificulta los vientos en la dirección N-S, y al contrario al Este, con valles de orientación N-S (Cinca, Esera, Isabena) que favorecen las circulaciones de viento hacia el norte bajo determinadas condiciones meteorológicas.

Al sur del Ebro la orografía sigue un patrón más complejo. También primero una franja llana pero más estrecha correspondiente al margen derecho del valle, a continuación las serranías Ibéricas en disposición NO-SE, que definen el cauce del río Jiloca, y más al sur las sierras más compactas de Albarracín, Javalambre y Gudar.

Las **emisiones** se concentran en la ciudad de Zaragoza, que con cerca de 650.000 habitantes reúne aproximadamente la mitad de toda la población de Aragón. Además existen tres centrales térmicas en el entorno de Alcañiz (Escatrón, Andorra y Escucha) y la autopista A2, que sigue la línea del río Ebro.

El **Valle del Ebro** es uno de los ejes de canalización de vientos más importantes de la península, con predominio durante todo el año de la componente NO (Cierzo). Por las dimensiones de la cuenca este viento afecta no solo a los territorios próximos al río, sino que alcanza también las comarcas del sur de la zona Pirineo, y las del norte de las zonas Cordillera Ibérica y Bajo Aragón (figura 8.2.6).

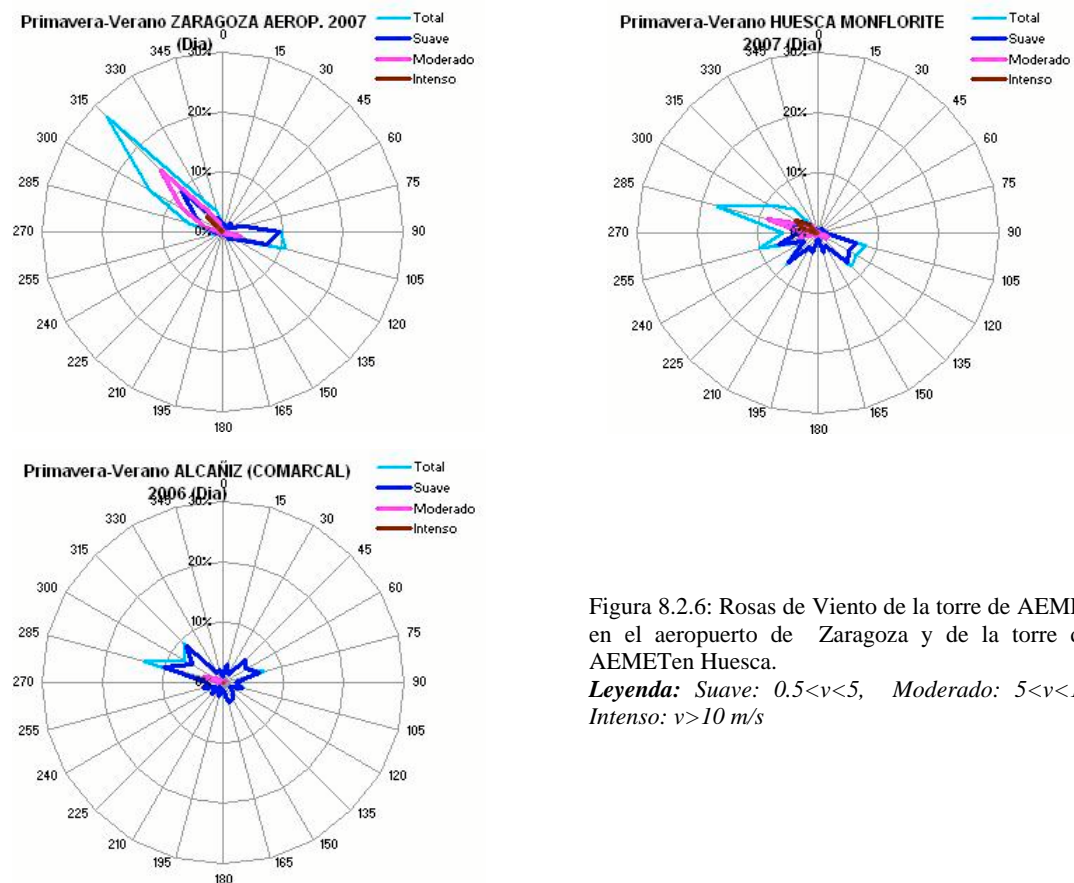


Figura 8.2.6: Rosas de Viento de la torre de AEMET en el aeropuerto de Zaragoza y de la torre del AEMET en Huesca.

Leyenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Ocasionalmente los vientos pueden girar a componente SE. En estos casos la cabina de Alagón ejerce de testigo o centinela infalible, con incrementos apreciables de los niveles de ozono, resultantes del transporte de las emisiones de Zaragoza hacia el NO en condiciones de velocidades de viento suave. La figura siguiente ilustra claramente estas situaciones.

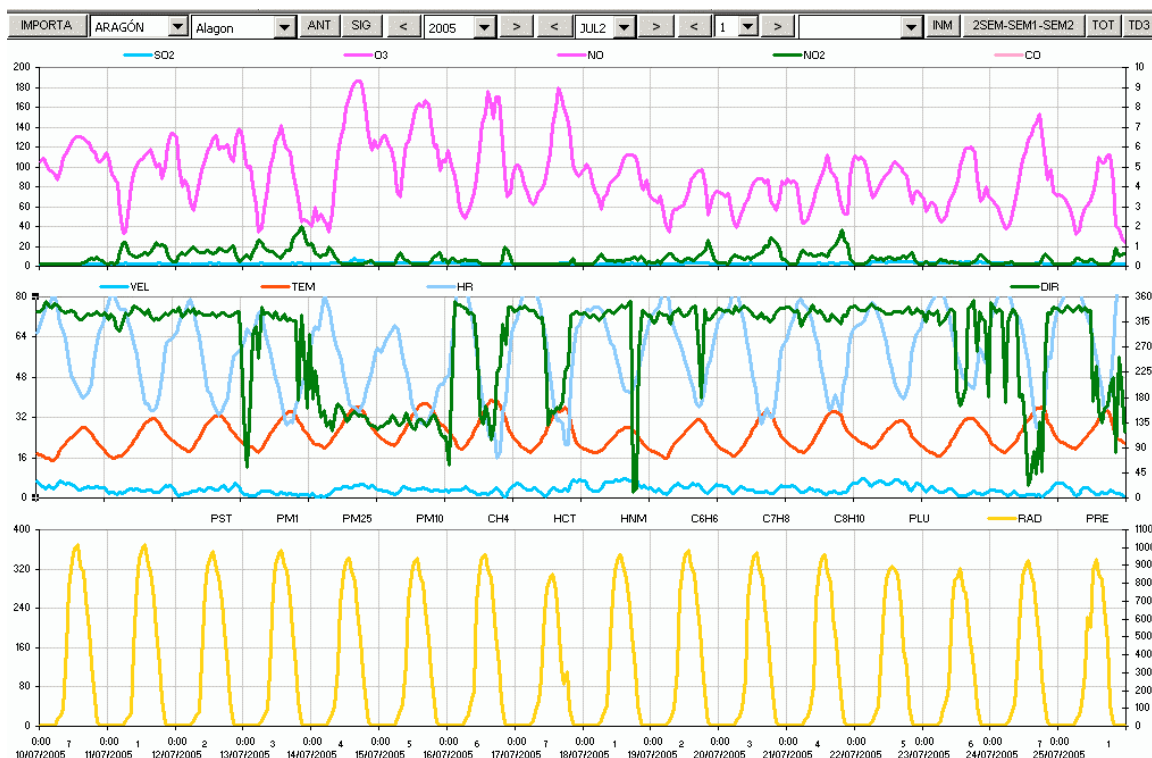


Figura 8.2.7: Periodo de 16 días entre el 10 y el 25 de Julio de 2005. Los registros de ozono en Alagón suben sistemáticamente y de forma significativa con la entrada de viento de componente SE (Alagón a sotavento de Zaragoza). Escalas: Contaminantes (arriba eje izquierdo) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ excepto CO (arriba eje derecho) en mg/m^3 . Velocidad, Temperatura, Humedad Relativa (medio eje izquierdo) en m/s, °C, y %, Dirección (medio eje derecho) en grados, y Radiación (abajo eje derecho) en W/m^2

En la parte más oriental de la zona *Valle del Ebro* se registra con frecuencia la penetración de la brisa desde el mediterráneo, en sentido opuesto al Cierzo (figura 8.2.8). La competencia entre ambas define una línea de convergencia que separa distintas masas aéreas. Esta línea puede desplazarse más o menos hacia el interior en función del forzamiento relativo entre ambas circulaciones, la primera de origen mesoescalar, y la segunda de origen sinóptico.

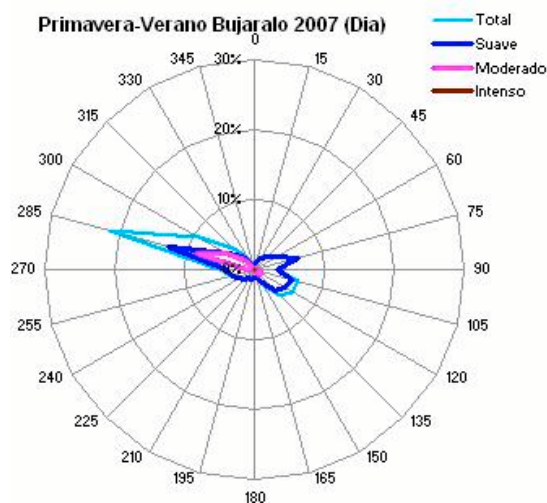


Figura 8.2.8: Rosa de vientos de la torre del AEMETen Bujaraloz. La componente NO (cierzo) registra a menudo vientos moderados (5-10 m/s) y en ocasiones intensos (>10 m/s), y la componente SE (brisas), con una frecuencia algo menor registra siempre vientos suaves (0.5 – 5 m/s).

Legenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Los registros meteorológicos y de ozono en Bujaraloz (figura 8.2.9) ilustran muy bien el efecto de esta competencia en el comportamiento del ozono. Las superaciones del valor objetivo en este punto están asociadas tanto a situaciones del NO como del SE o a estancamientos. Sin embargo los niveles elevados de ozono (tomando como valor umbral de referencia $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) están preferentemente relacionados con la entrada de la masa aerea de procedencia mediterránea.

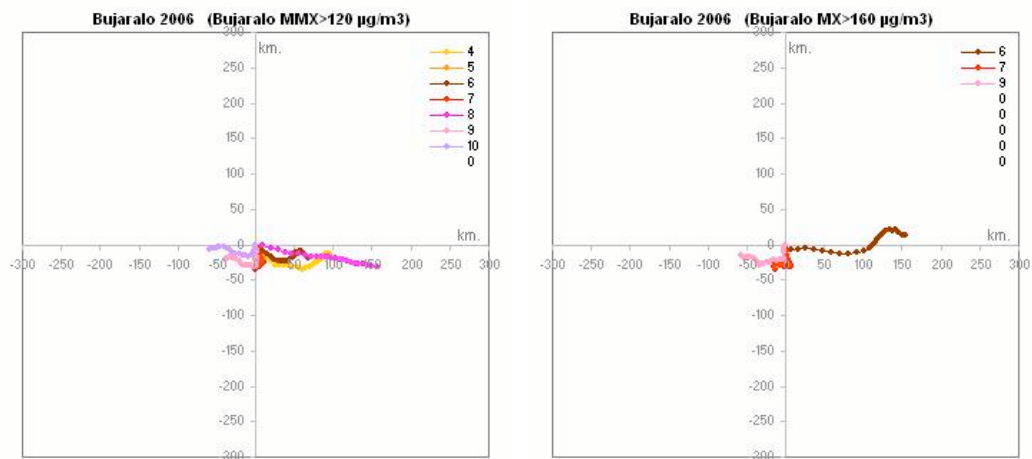


Figura 8.2.9: (Izda) Seudotrayectorias (ver definición en figura 7.2) calculadas con los datos de la torre de Bujaraloz filtrados para los días en que se superaron los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en 2006. (Dcha.) Seudotrayectorias calculadas con los datos de la misma torre filtrados para los días en que se superaron los $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2006 (2 días en Junio y 11 días en Julio y 1 en septiembre)

En relación con este aspecto, para mejorar el conocimiento de los gradientes de ozono a lo largo del valle del Ebro, en el informe de Julio de 2007 se propuso un punto de medida al SE de Zaragoza. Se trataba fundamentalmente de determinar si existían diferencias significativas valle arriba y valle abajo de la capital aragonesa en cuanto a los niveles de ozono. Por otro lado los registros en este punto permitirían también analizar las diferencias entre ambos extremos de la zona *Valle del Ebro* (se cuenta para ello con los registros de *Alagón* en el extremo occidental), a causa de la mayor influencia de la penetración de aire desde el mediterráneo en el lado oriental. Aunque no se ha cubierto ese punto propuesto al menos se dispone desde 2007 de los datos en la nueva estación *Sástago*, y también de las nuevas estaciones *Caspe*, *Chipriana* y *Nuclear*. Estos datos de 2007 permiten arrojar algo más de luz sobre el segundo aspecto comentado. Se aprecian diferencias significativas en los niveles a ambos extremos de la zona *Valle del Ebro*, siendo más elevados en la parte oriental que en la Occidental (30 superaciones en *Caspe* y 25 en *Sástago*, por 15 superaciones en *Alagón* en 2007). De seguir esta tendencia esta parte occidental pasaría a encontrarse por debajo del VO. Hay que señalar también que el problema de desplazamiento positivo de las medidas que afectaba a *Alagón* hasta 2005 se corrigió a finales de 2006, contribuyendo a reducir el número de superaciones en este punto.

En la zona *Cordillera ibérica*, aunque más protegida por la orografía de la entrada de aire desde el mediterráneo, el área de Teruel también esta expuesta a estas situaciones a través de los pasos que proporcionan los valles del Turia y el Mijares. La rosa de vientos de la figura 8.2.10 muestra claramente la frecuencia de la componente S (entrada por el Turia) y SE (entrada por el Mijares).

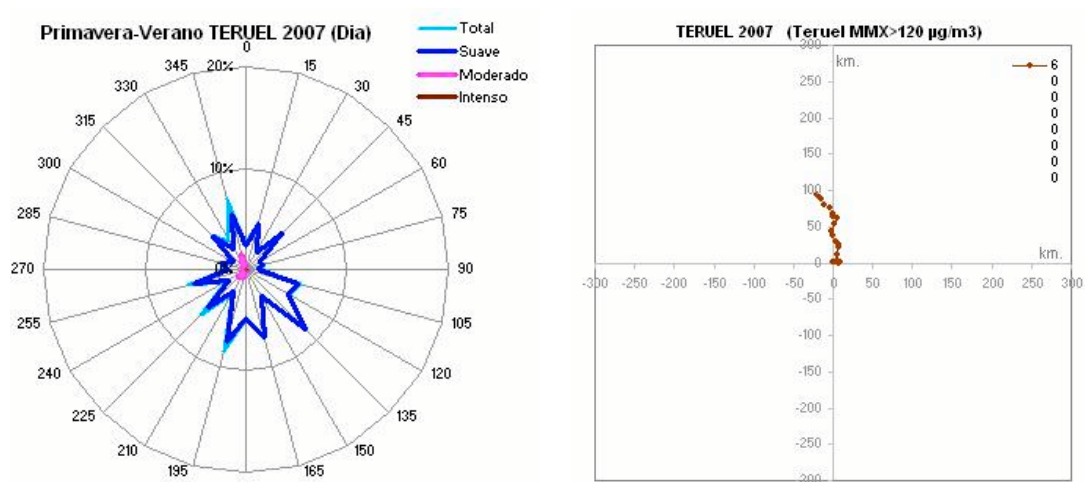


Figura 8.2.10: (Izda.) Rosa de vientos de la torre de AEMET en Teruel. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s. (Dcha.) Seudotrayectorias mensuales promedio para las fechas en que la cabina de Teruel excede los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario (solo 2 ocasiones en 2008 ambas en el mes de Junio). Las superaciones van asociadas a la entrada de la masa de aire mediterránea siguiendo la canalización del Turia y Mijares.

La mitad norte de la zona *Cordillera ibérica*, desde Calamocha hasta el Moncayo, mucho más interior quedaría menos expuesta a esta penetración. En este territorio es difícil estimar los niveles de ozono que le pueden afectar, ya que la barrera montañosa que forman las Sierras de la Virgen, Vicort y Cucalón la protege también de la influencia de las circulaciones del Ebro.

- **Estacionalidad, evolución interanual y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.2.11 muestra la pauta estacional de los niveles de ozono en la red de Aragón. Solo se representan los datos de las estaciones rurales, más representativas de las concentraciones en todo el territorio. La pauta es semejante a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año. Destaca la estación de Camarena, ya fuera de servicio, cuya localización en una cota en altura se traduce en niveles más elevados a lo largo de todo el año.

La figura 8.2.12 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en la red de Aragón, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España. A lo largo de este periodo las concentraciones en entornos urbanos y suburbanos muestran valores que oscilan en un rango amplio de concentraciones. Este comportamiento no se debe a causas naturales, sino que está motivado por la combinación de varios factores: la diferencia importante de los niveles registrados por las estaciones urbanas de Zaragoza y por las dos de Huesca y Teruel (mucho más elevados en estas dos últimas); por la presencia, después de la depuración de los datos, de abundantes huecos en las series de las estaciones de Zaragoza; y por los registros de las nuevas estaciones de Las Fuentes y Caspe en 2007. Los datos de este último año ya se sitúan en niveles más parecidos a los del resto de España. Por otro lado, la pérdida de datos en el proceso de validación llevado a cabo, y las altas y bajas de estaciones también afecta al grupo de las

rurales. Todo ello dificulta cualquier tipo de análisis de posibles tendencias o variaciones interanuales respecto a los niveles de ozono en Aragón.

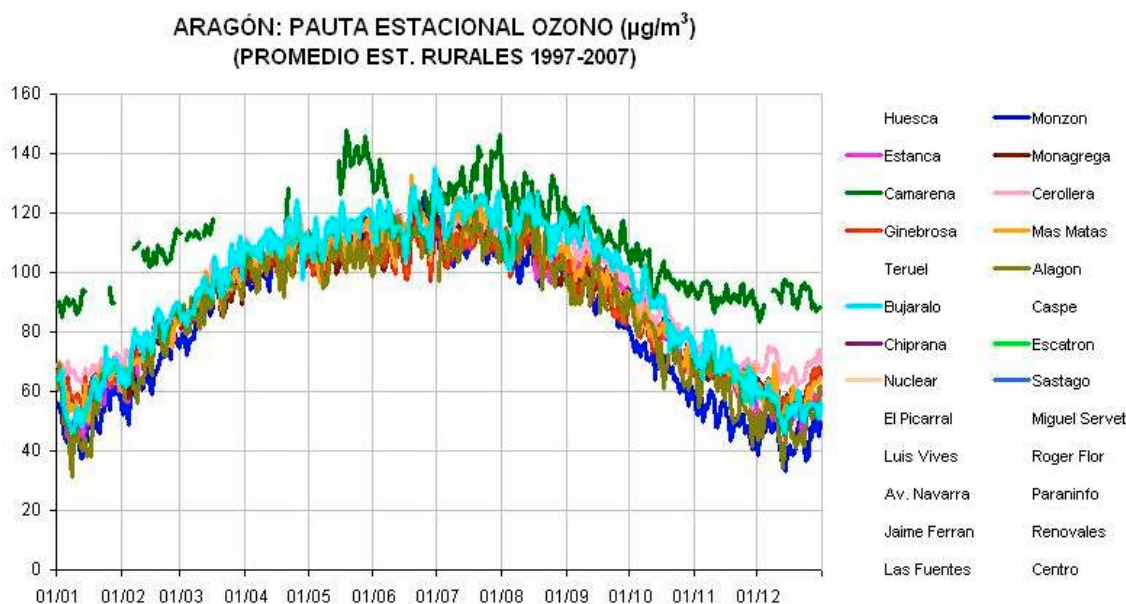


Figura 8.2.11: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Aragón, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con superaciones del valor objetivo de protección a la salud en alguna de las estaciones.

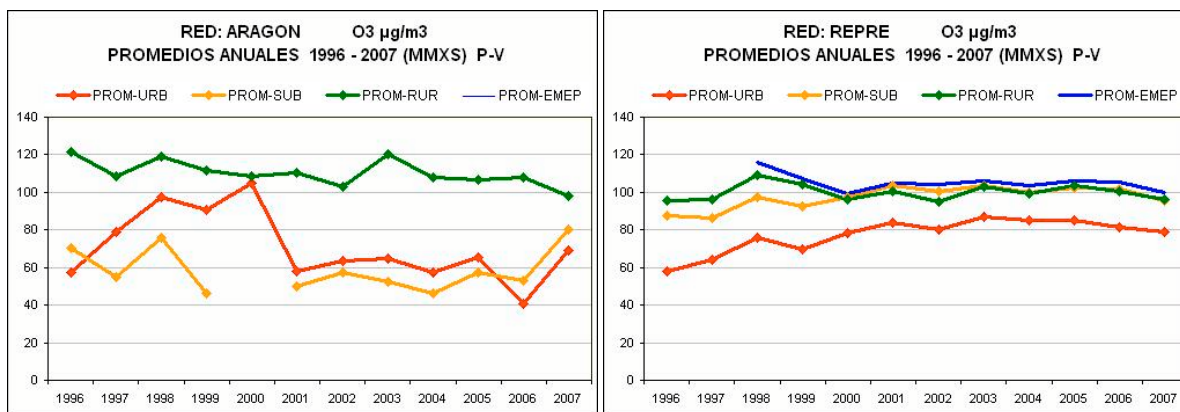


Figura 8.2.12: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Aragón. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.2.4. Revisión de Recomendaciones.

Como ya se ha comentado anteriormente la red de Aragón no ha sufrido modificaciones significativas entre 2005 y 2007. Como consecuencia las recomendaciones que se proponen para la optimización de esta red son básicamente las mismas que se propusieron en su día en el informe de Julio de 2007. En el mapa de la figura 8.2.13 se muestran las propuestas en cuanto a zonificación y puntos de medida.

Los emplazamientos están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y torre meteorológica. A partir de los resultados de esta campaña, que debería ser programada en los meses de primavera y verano, se confirmaría si todos ellos deben pasar a formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación. Respecto a la propuesta de 2007 se añade un nuevo punto en el entorno de Ardisa-Puente de Luna, en el eje del valle del río Gállego.



Los puntos de medida se agrupan en tres parejas. La idea es cubrir cada par con dos unidades móviles operando simultáneamente, en todos los casos durante al menos un mes, preferentemente dos, de forma continuada o en periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre. Es fundamental, como se ha señalado anteriormente contar, con registros simultáneos de las variables meteorológicas, por lo que las UM deben estar equipadas con torre meteorológica.

Figura 8.2.13: Propuestas de optimización de la zonificación y la red de Aragón

El par de emplazamientos (2) permitirá confirmar el posible gradiente en el eje NO-SE dentro de la actual zona *Cordillera Ibérica*. Las circulaciones de viento en toda esta zona son extraordinariamente complejas. Los ejercicios de simulación meteorológica del Apartado 4 muestran la formación varias líneas de convergencia perpendiculares entre sí a consecuencia de la complejidad orográfica, y la influencia tanto de las circulaciones del Ebro como de las brisas del mediterráneo. En principio la parte SE (se propone un punto en el entorno de Teruel) está más expuesta a la entrada de la masa aérea del mediterráneo, y en la parte NO (se propone un emplazamiento en el entorno de Daroca) es difícil prever los niveles de ozono, aunque se estima que al menos los valores máximos serían más moderados que en el área de Teruel, al quedar estas tierras más apartadas de las rutas de transporte desde las grandes áreas de emisión.

El par de emplazamientos (3) se proponen para confirmar niveles por debajo de los registrados en las cabinas actualmente operativas en la zona *Pirineos (Monzón y Huesca)*. Debido a la posición relativamente alejada de la influencia de las circulaciones del valle del Ebro, lo cual no ocurre en las dos estaciones actuales, se espera un número inferior de

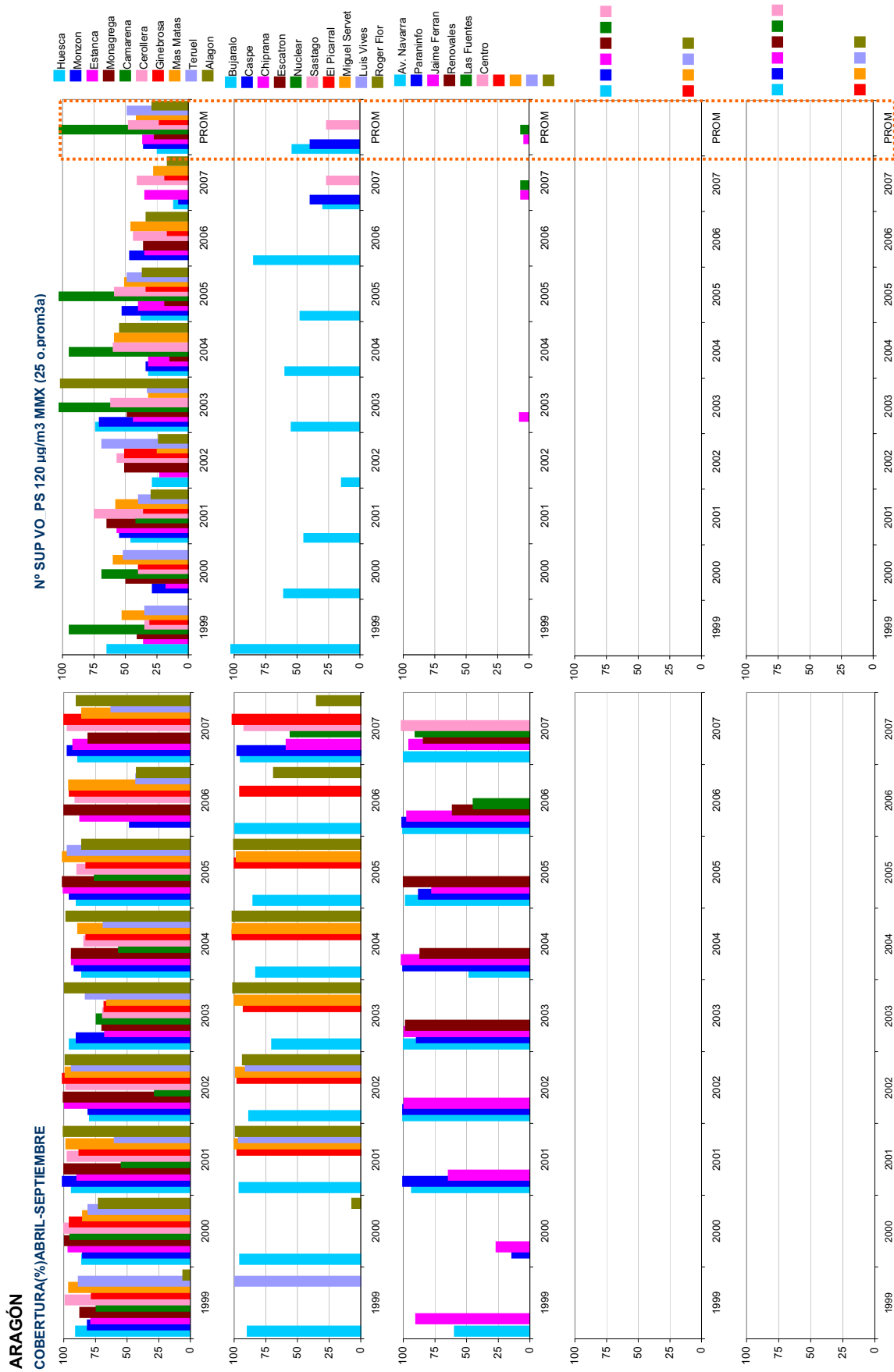
superaciones del objetivo de protección a la salud, y valores también más moderados de la AOT40, aunque no necesariamente por debajo del valor objetivo. A priori esto parece más probable en el punto más occidental (entorno de Jaca) que en el punto oriental (entorno de Ainsa), a causa de la barrera orográfica que suponen las sierras de Loarre y Guara respecto a la entrada de la masa aérea desde el sur. En función de los resultados obtenidos se podría incluso valorar la conveniencia de delimitar dos zonas diferenciadas en lugar de una, estableciendo la separación en la vertical de la ciudad de Huesca aproximadamente.

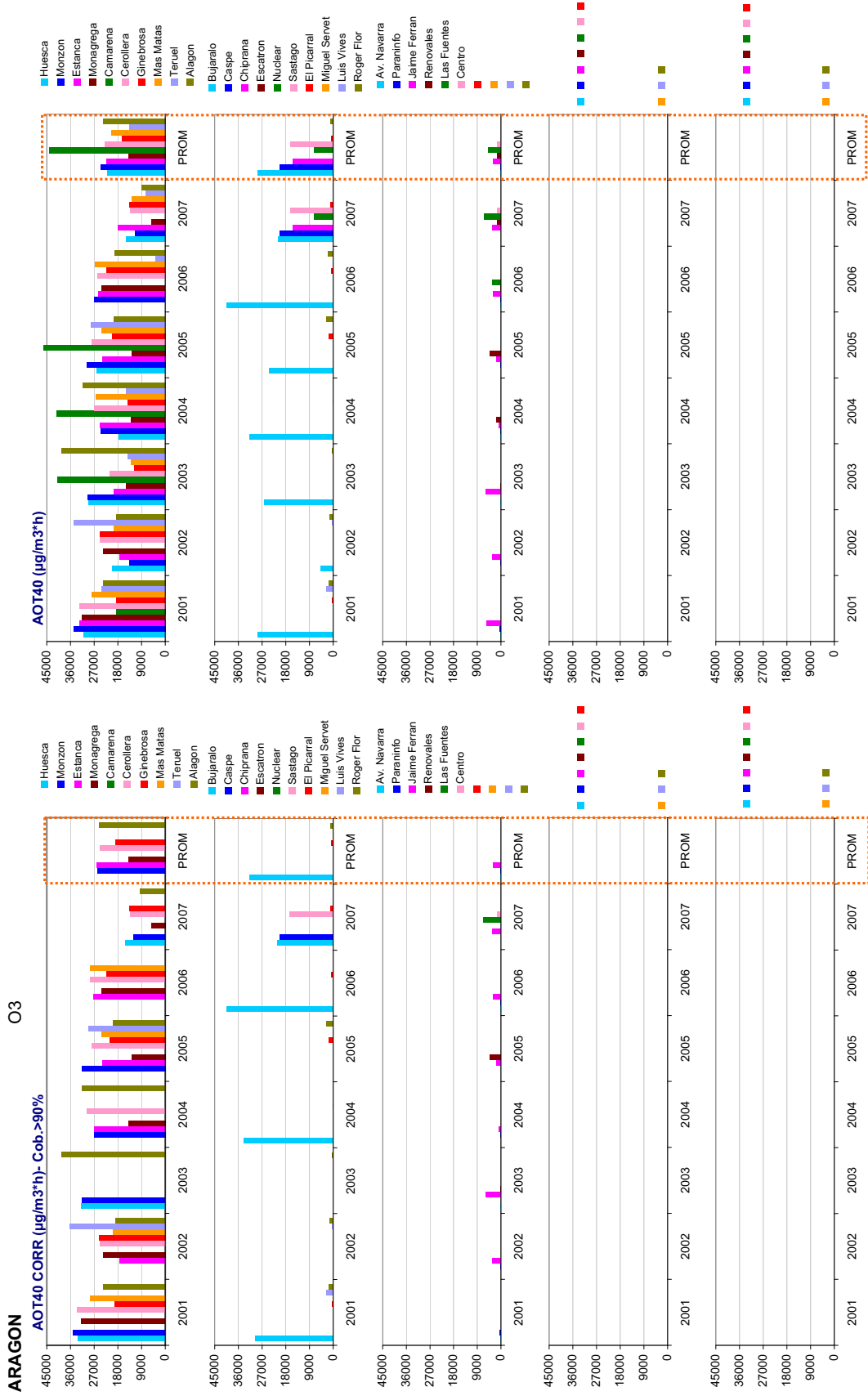
Y en el valle del Ebro se propone un emplazamiento de medida en el área de mayor influencia de las emisiones de Zaragoza a unos 30-40 km. al SE de Zaragoza (Fuentes del Ebro, Osera, Pina del Río...). Las medidas simultáneas en ambos puntos permitirían confirmar situaciones diferentes río abajo (sotavento de la ciudad) y río arriba de Zaragoza. La línea discontinua en la vertical de Zaragoza podría en ese caso considerarse para delimitar zonas separadas a ambos lados. El nuevo punto considerado se sitúa en el eje del Gállego que puede constituirse bajo circulaciones del sur (poco frecuentes en realidad) como una vía de transporte de la masa aérea desde la capital hacia el norte. En todo caso las medidas en este emplazamiento permitirán estudiar el gradiente a lo largo de la franja sur de la actual zona Pirineos, y servirán por un lado para valorar la representatividad de la estación de Monzón en la parte más occidental de esta franja, y por otro para confirmar las diferencias en los niveles entre esta franja sur y la franja montañosa al norte de la zona *Pirineos*.

Por último, la posible implementación en el futuro de estas propuestas de optimización supone la ampliación de la red con nuevos puntos de medida. Para ello, en el caso de esta red, en la que como se ha visto existen áreas con gran densidad de estaciones automáticas pertenecientes a redes privadas, se podría valorar la conveniencia de buscar una fórmula para integrar estas redes privadas con la red regional. Las cabinas redundantes que sin duda hay en el Bajo Aragón servirían para optimizar la red, mejorando la vigilancia del ozono troposférico sin costes añadidos.

8.2.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Aragón las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.





8.3. Optimización de la red de calidad del aire de Asturias.

8.3.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Asturias dispone en 2007 de 20 estaciones automáticas todas ellas instrumentadas con monitor para la medida de ozono. Tres de las estaciones son de tipo rural (*Meriñan, Trubia y Niembro*), y el resto de tipo suburbano y urbano (10 y 7 respectivamente), distribuidas entre Gijón, Oviedo, Avilés, Langreo y Mieres. Esta red no ha sufrido ninguna modificación entre 2005 y 2007. De hecho su configuración no ha variado desde el año 1995, aparte del traslado de las estaciones *Parque Jovellanos* a *Juan XXII* en Mieres, y *General Elorza* a *Purificación Tomas* en Oviedo, y de la instalación de la cabina EMEP en Niembro en 1998 (ver gráfico de la figura 8.3.2).



Figura 8.3.1: Distribución de estaciones de la red de Asturias en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0301	ASTURIAS OCCIDENTAL	4,596.50	104,289	NO	--	1	--
ES0302	ASTURIAS CENTRAL	3,052.36	619,995	NO	2	6	6
ES0303	ASTURIAS ORIENTAL	2,773.04	80,222	NO	1	--	--
ES0304	GIJÓN	181.60	270,875	SÍ	--	3	1

Tabla 8.3.1: Listado de zonas y número de estaciones de ozono en cada una por tipo de entorno. (Superficie en Km²)

La zonificación, mostrada en el mapa, separa la *Zona Central*, donde se concentra la población y la industria, de las zonas *Occidental* y *Oriental*. Además de estas tres zonas la ciudad de Gijón se delimita como una cuarta zona de tipo aglomeración. Las estaciones de la red se concentran en las zonas *Zona Central* y *Gijón* (todas excepto *Cangas* y *Niembro*), atendiendo a esa mayor concentración de las emisiones.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.3.2 muestra el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). Como puede apreciarse la configuración de la red se ha mantenido apenas sin cambios desde 1995. En la misma figura el gráfico de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno.

En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas en aglomeraciones (se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano), Gijón cumple sobradamente esta condición, y cuenta además con más cabinas de las mínimas exigidas. Sin embargo el carácter suburbano de las tres estaciones

Av. Argentina, Av. Constitución y Hermanos Felgueroso es muy discutible en base a las posiciones que ocupan dentro de la ciudad.

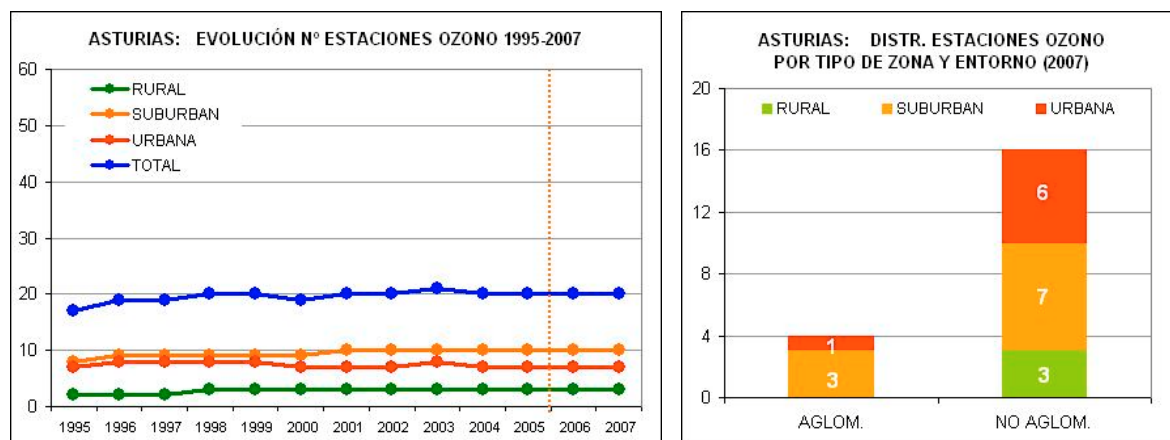


Figura 8.3.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Todas las estaciones, incluso las de tipo rural, miden en entornos afectados por emisiones cercanas bien del tráfico urbano o de industrias variadas entre las que hay centrales térmicas (Aboño, Soto de Rivera, Lada, La Pereda, Narcea), metalúrgicas (Acelor, Aceralia), químicas (Fertiberia, Du Pont), cementeras (Tudela-Veguín), fabricación de Cok (Industrias Doy), celulosas (Ceasa-Ence), etc. Esta distribución de estaciones, muy orientada a la vigilancia de las emisiones urbanas e industriales, no permite registrar adecuadamente el patrón espacial de las concentraciones de ozono. El efecto de estas emisiones modera los niveles de ozono, por el consumo que suponen las reacciones de oxidación entre el ozono y compuestos primarios como el NO.

En Asturias se puede presumir una situación semejante a la de Cantabria, con un gradiente creciente en las concentraciones desde la franja costera hacia el interior montañoso (como muestran los registros de *Reinosa* y *Los Tojos* respecto a los de las cabinas costeras en esa comunidad vecina). Las mayores concentraciones en Asturias se pueden esperar por tanto en áreas rurales del interior, especialmente de la zona centro, en puntos alejados de la influencia de emisiones cercanas (algo que a la vista de los datos de SO₂ y NO_x, y de las imágenes aéreas examinadas mediante la aplicación Google Earth no ocurre en los emplazamientos de *Meriñan*, *Trubia*).

En cuanto a la "anomalía" que se había detectado en *Cangas* en base a los datos disponibles hasta 2005 (Ver informe de Julio de 2007), y que se achacó a la posible influencia de emisiones cercanas o de las emisiones de la C.T de Narcea, se ha resuelto a la vista de los nuevos datos disponibles en 2006 y 2007. En este tránsito se aprecia un aumento notable y brusco de los niveles (en Marzo de 2006), después de un periodo de dos años en los que estos decaían gradualmente. Este hecho revela un posible problema técnico del monitor de ozono que se resolvió en la fecha indicada.

8.3.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.3.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.3.3 representa con una línea azul asociada a cada estación

la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Llama la atención la pérdida de gran cantidad de datos el año 1999 y los primeros meses del 2000 (se desconocen os motivos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis de datos se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los datos de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminar estos datos en las distintas fases del análisis. En concreto en esta red se han invalidado un 4,14% de los datos en el periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, se han invalidado un 1,29% y un 1,92% respectivamente.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E33004020	Llaranes	Aviles	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN
E33004021	Llanoponte	Aviles	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33004048	Matadero	Aviles	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN
E33004049	Plz. Guitarra	Aviles	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33011001	Cangas	Cangas del Narcea	ASTURIAS OCCIDENTAL	SUBURBAN
E33024023	Her.Felgueroso	Gijon	GIJÓN	SUBURBAN
E33024024	Av.Argentina	Gijon	GIJÓN	SUBURBAN
E33024025	Av.Constit.	Gijon	GIJÓN	SUBURBAN
E33024027	Av.Castilla	Gijon	GIJÓN	URBANA
E33031029	Meriñan	Langreo	ASTURIAS CENTRAL	RURAL
E33031030	La Felguera	Langreo	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33031032	Sama I	Langreo	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33036999	Niembro	Llanes	ASTURIAS ORIENTAL	RURAL
E33037009	Pq. Jovellanos	Mieres	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33037012	Jar. Juan XXIII	Mieres	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33044028	Gral. Elorza	Oviedo	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33044029	Plz. Toros	Oviedo	ASTURIAS CENTRAL	URBANA
E33044030	Pal. Deportes	Oviedo	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN
E33044031	Trubia	Oviedo	ASTURIAS CENTRAL	RURAL
E33044032	Pur. Tomás	Oviedo	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN
E33060003	Blimea	S.Martin del Rey Aurelio	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN
E33066003	Lugones	Siero	ASTURIAS CENTRAL	SUBURBAN

Tabla 8.3.2: Listado de estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris las estaciones que se han dado de baja antes de 2007.

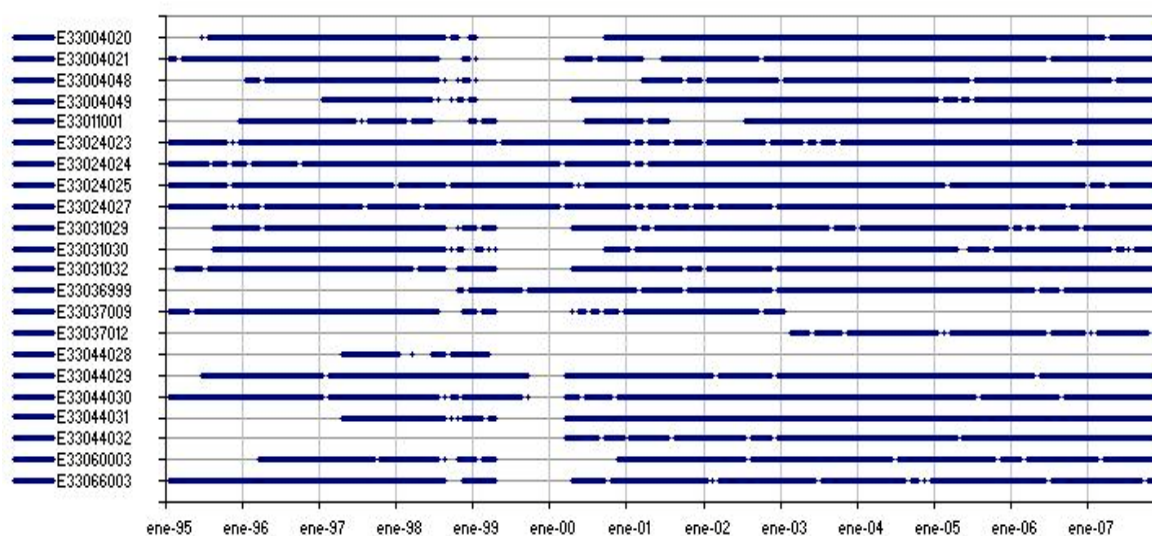


Figura 8.3.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de ficheros de promedios diarios. Los huecos indican periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración llevada a cabo por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

En la revisión y validación de los datos se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de los diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través de los últimos Seminarios de Calidad del aire en España, y a través de este mismo estudio con la organización de la jornada de trabajo sobre validación de datos.

Por último, los datos de variables meteorológicas proporcionados por las cabinas de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en la figura 8.3.4. Se dispone de los datos entre 2004 y 2007, aunque no todos los años están completos en cuanto al número de torres incluidas.



Figura 8.3.4: Torres meteorológicas de AEMET disponibles para el estudio.

8.3.3. Dinámica del ozono en Asturias.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Asturias. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de la dinámica de contaminantes, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El **relieve** asturiano está marcado por la Cordillera Cantábrica entre la sierra de Ancares y los Picos de Europa. Este eje con una altitud en el rango de los 1500-2500 m.s.n.m y en disposición paralela a la costa define el límite meridional de la comunidad. La altura del terreno descende a medida que se aproxima al Cantábrico, con numerosos valles perpendiculares a la costa. En la franja litoral la orografía es más suave, con una altitud que oscila alrededor de los 200 m., aunque con formaciones montañosas tanto en el extremo oriental, con sierras prelitorales paralelas a la costa que alcanzan los 1000m (Sierra de

Cuera), como en el extremo oriental, con las sierras de Bobia y Murrielos, a ambos lados del río Navia y con orientación N-S.

Esta orografía favorece el desarrollo de brisas y de vientos de valle en los meses centrales del año. Ambas **circulaciones** se acoplan y refuerzan, conectando la costa con el interior (figura 8.3.5). Como consecuencia el transporte de contaminantes durante el día sigue rutas habituales de norte a sur, a través de los cauces naturales que marca la orografía, y se traducirá en niveles de ozono más elevados en las zonas interiores, especialmente en la parte central donde se concentran las emisiones urbanas e industriales.

Las rosas de ozono de la figura 8.3.6, calculadas a partir de los datos de las cabinas de *Palacio de los Deportes* en Oviedo y *Meriñan* en La Felguera, ilustran este transporte de la masa aerea desde la costa hacia el interior.

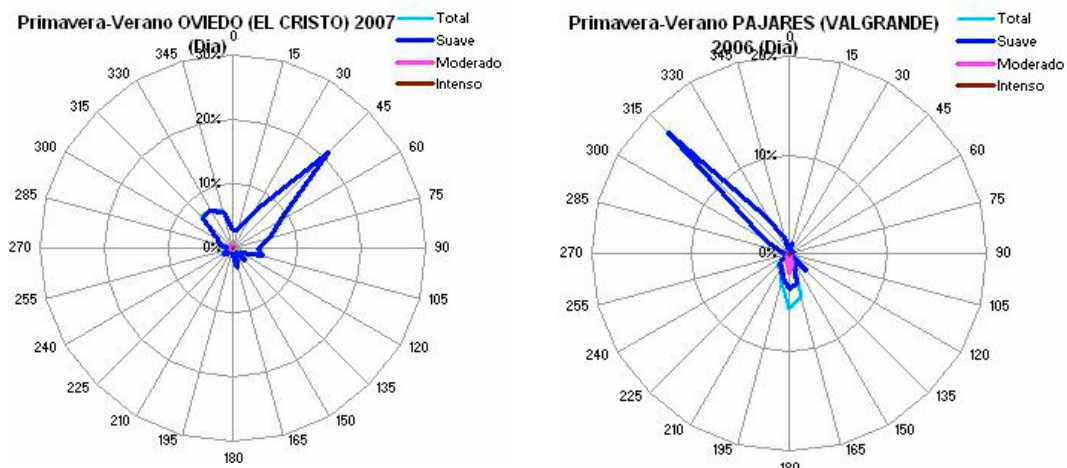


Figura 8.3.5: Rosas de viento entre las 7 y las 19 UTC de las torres de AEMET en Oviedo (El Cristo) y en el puerto de Pajares en la frontera con León. En ambos casos se registra la circulación del norte, NE y NO respectivamente debido a la canalización orográfica. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

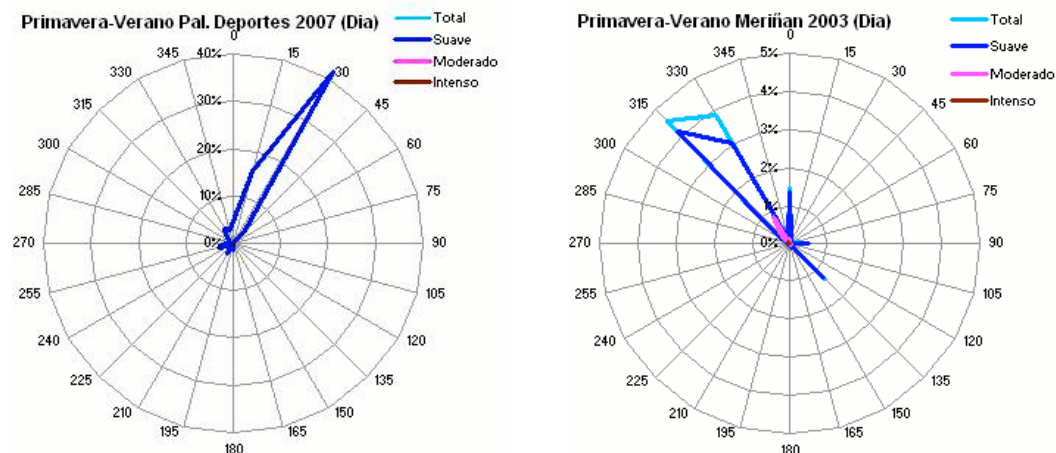


Figura 8.3.6: Rosas de Ozono entre las 7 y las 19 UTC de las cabinas de Palacio de los Deportes en Oviedo y Meriñan. Los niveles de ozono por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociados a la entrada de aire desde la costa. **Leyenda:** Suave ($80-120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Moderado ($120-150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Intenso ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Por otro lado las brisas costeras están muy interferidas por la circulación sinóptica inducida por el anticiclón de las Azores. En esta época del año el anticiclón se extiende hacia las Islas Británicas, y provoca una circulación de componente Este sobre la costa cantábrica peninsular (ver ejemplo mostrado la figura 5.15) .

Este viento contribuye en principio a dispersar los contaminantes en la franja litoral, y además impide que estos se acumulen durante periodos de varios días, como ocurre sobre el litoral mediterráneo o en el centro de la península. Estas situaciones se producen con mayor frecuencia entre Mayo y Septiembre. Y junto a la mayor cantidad de nubosidad (figura 5.14) son factores que contribuyen a moderar los niveles de ozono en verano, y explican las diferencias en la pauta estacional de ozono entre la franja cantábrica y el resto del territorio. Como resultado de todo ello en Asturias, y en general en la cornisa cantábrica, los niveles de ozono son inferiores a los que afectan al resto de España. Los datos de la red de Asturias así lo confirman, aunque en alguna medida la localización de los emplazamientos, en entornos influenciados por emisiones de tráfico e industria, acentúa estas diferencias al registrar niveles presumiblemente por debajo de los que pueden afectar a áreas menos influenciadas por estas emisiones.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.3.7 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de Asturias. Solo se representan los datos de las estaciones rurales, más representativas de las concentraciones en todo el territorio. Esta pauta característica de toda la franja cantábrica, es diferente a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España. El máximo estacional se registra en Abril-Mayo, y hay un mínimo relativo en Julio, cuando se registran los niveles máximos en el resto de la península. Las causas se han explicado en el párrafo anterior.

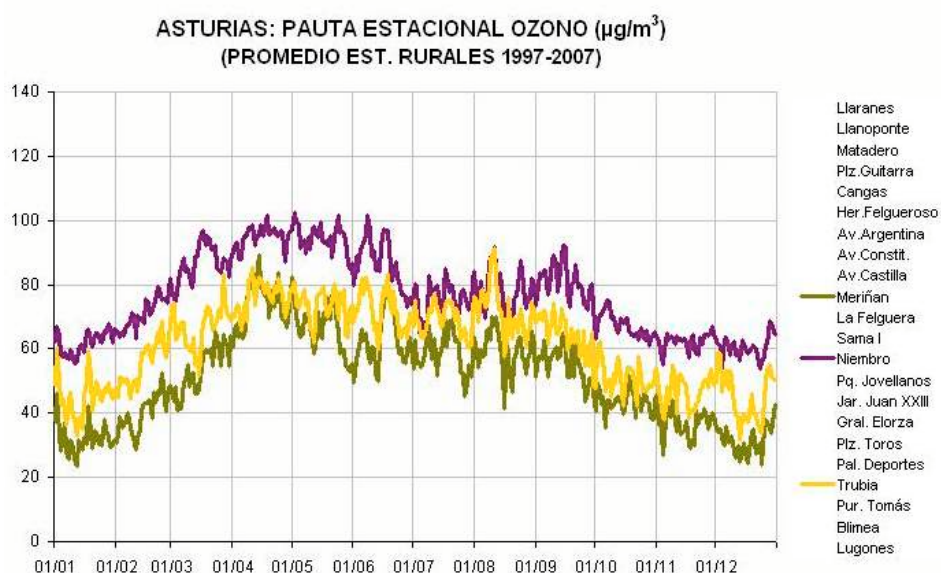


Figura 8.3.7: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Asturias, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en Abril y Mayo, con niveles habitualmente alejados del Valor Objetivo de Protección a la Salud.

La figura 8.3.8 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Asturias, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España. Todos los grupos de estaciones se sitúan en niveles parecidos, e inferiores a los que se registran en el resto de las redes españolas (los máximos relativos que muestra la serie correspondiente a las estaciones rurales en 2005 y 2007 no responden a causas naturales, sino a la anulación de los datos de *Meriñan* en dos periodos largos). En el caso de las estaciones rurales se ha comentado que la ubicación de *Trubia* y *Meriñan*, influidas por emisiones cercanas, estaría enmascarando niveles en realidad algo mayores en áreas alejadas de esa influencia. Por lo demás la evolución no indica la existencia de tendencias en ningún sentido.

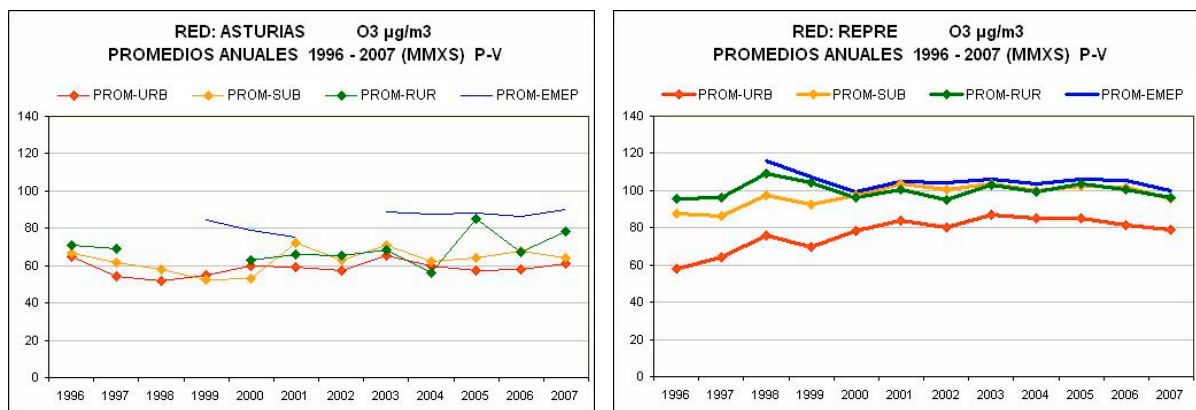


Figura 8.3.8: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Asturias. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.3.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio con el cambio en los niveles registrados en la cabina de *Cangas* a partir de en Marzo de 2006, se ha corregido la "anomalía" en la evaluación de la zona *Occidental*, que se sitúa en 2007 entre los Valores Objetivo a Largo Plazo y los Valores Objetivo (en base a los datos hasta 2005 esta zona se encontraba por debajo del objetivo a largo plazo). Debido a ello se retira la propuesta emitida en el informe de Julio de 2007 de un emplazamiento en el interior de la zona Occidental.

Por otro lado, la configuración de la red no ha variado apenas desde su implantación, y se siguen manteniendo las mismas dudas planteadas en el informe de 2007 respecto a un posible gradiente entre la costa y el interior (de manera semejante al que se registra en las otras comunidades del Cantábrico). Si esta situación da lugar a la superación de alguno de los valores objetivo en la franja interior se deberían dividir cada una de las zonas actuales en una zona costera y una interior.

En la zona Occidental se propone un emplazamiento de medida en la costa, en algún punto intermedio entre Navia y Luarca. La comparación entre los registros en este punto y los de *Cangas* permitirá estudiar el posible gradiente costa-interior en la zona *Asturias Occidental*. Por otra parte la comparación con los registros de *Niembro* permitirá

igualmente analizar la posible representatividad de los datos de *Niembro* para toda la franja costera, fuera de las áreas urbanas de Gijón y Avilés.

Para la zona *Oriental* se propone el mismo punto que ya se propuso en aquella ocasión (entorno de Campo de Caso - Soto). Sin embargo, en la zona *Centro* la dispersión de la población y la industria por un lado, y por otro la complejidad orográfica, con innumerables valles que canalizan esas emisiones hacia el interior, dificulta la selección de puntos adecuados. En esta zona se pueden esperar gradientes acusados entre puntos próximos entre sí, dependiendo de si están o no afectados por emisiones en su entorno, o están encajonados en un valle por el que se canalizan las emisiones que se producen más al norte. Además al contrario que en las zonas vecinas los entornos afectados por emisiones identificables pueden no ser la norma, pero tampoco son una excepción. Todo ello dificultaría también cualquier zonificación que pretenda delimitar zonas de calidad del aire equivalente respecto al ozono en esta parte central. En cualquier caso es necesario mejorar el conocimiento de la zona central, para ello se propone igualmente un tercer punto de medida al sur de esta en el entorno de Caranga-Proaza.

El mapa de la figura 8.3.9 muestra gráficamente las propuestas realizadas. Los emplazamientos están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de contaminantes y torre meteorológica. Se requiere en cada entre uno y dos meses medidas, de forma continuada o en periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre. Si se dispone de más de una UM las medidas se tomarán preferentemente de forma simultánea en los dos emplazamientos del interior (etiquetados como 2).

A partir de los resultados de estas campañas se podría decidir sobre la conveniencia de que estos pasaran a formar parte de los emplazamientos permanentes de la red. Igualmente se dispondría de información para confirmar o no las modificaciones propuestas en la zonificación.



Figura 8.3.9: Mapa con las propuestas de emplazamientos de medida complementarios y posibles modificaciones a la zonificación.

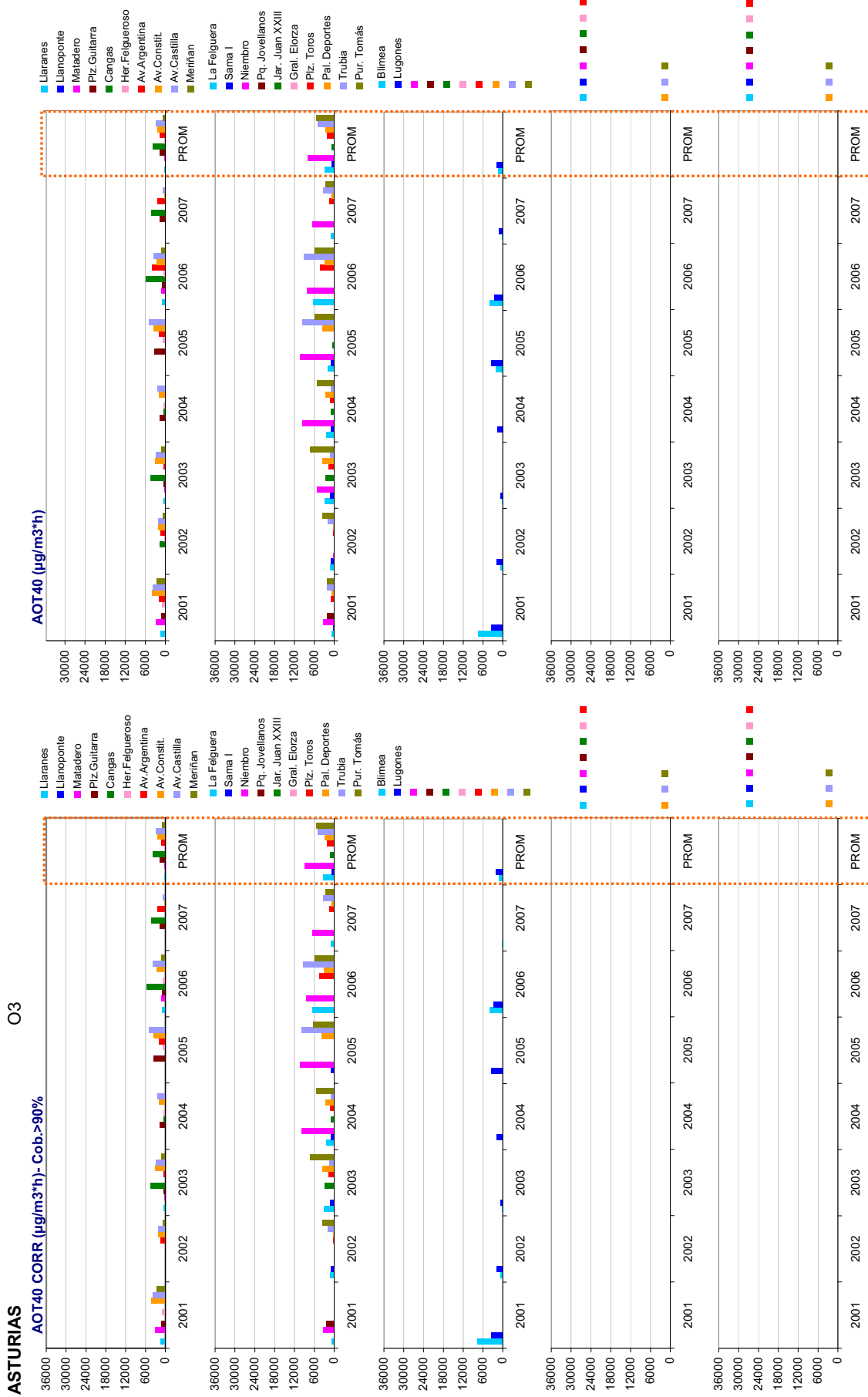
Como se ha señalado en varias ocasiones, en todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato

(márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...). Igualmente es fundamental la medida simultánea de las variables meteorológicas, sin las que es difícil la interpretación de los registros de ozono.

Si existieran dificultades para localizar emplazamientos de estas características en los puntos propuestos se requeriría la selección de otros puntos alternativos (para la selección de puntos adecuados se ha consultado la Base de datos EPER, y se han visualizado las vistas aéreas que proporciona la herramienta Google Earth, pero es importante la valoración de los gestores y técnicos locales, cuyo conocimiento del terreno es fundamental en esta selección).

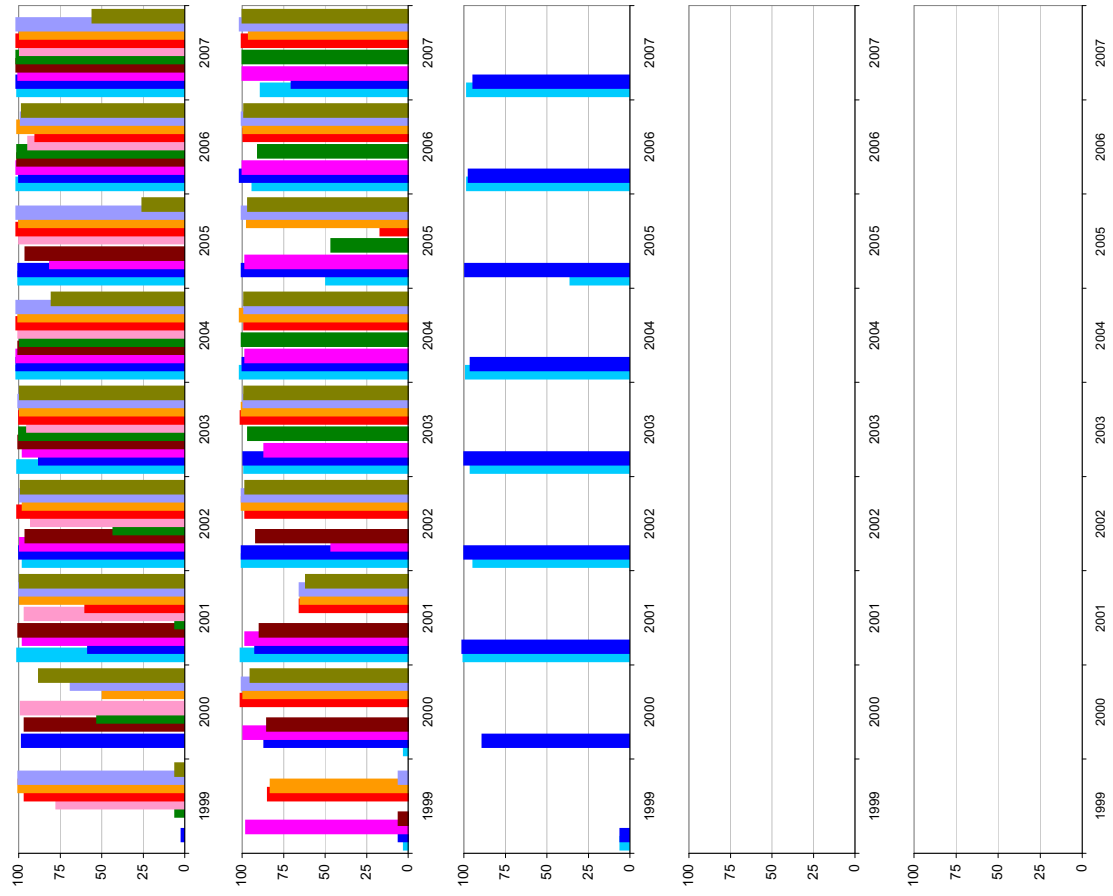
8.3.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Asturias las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

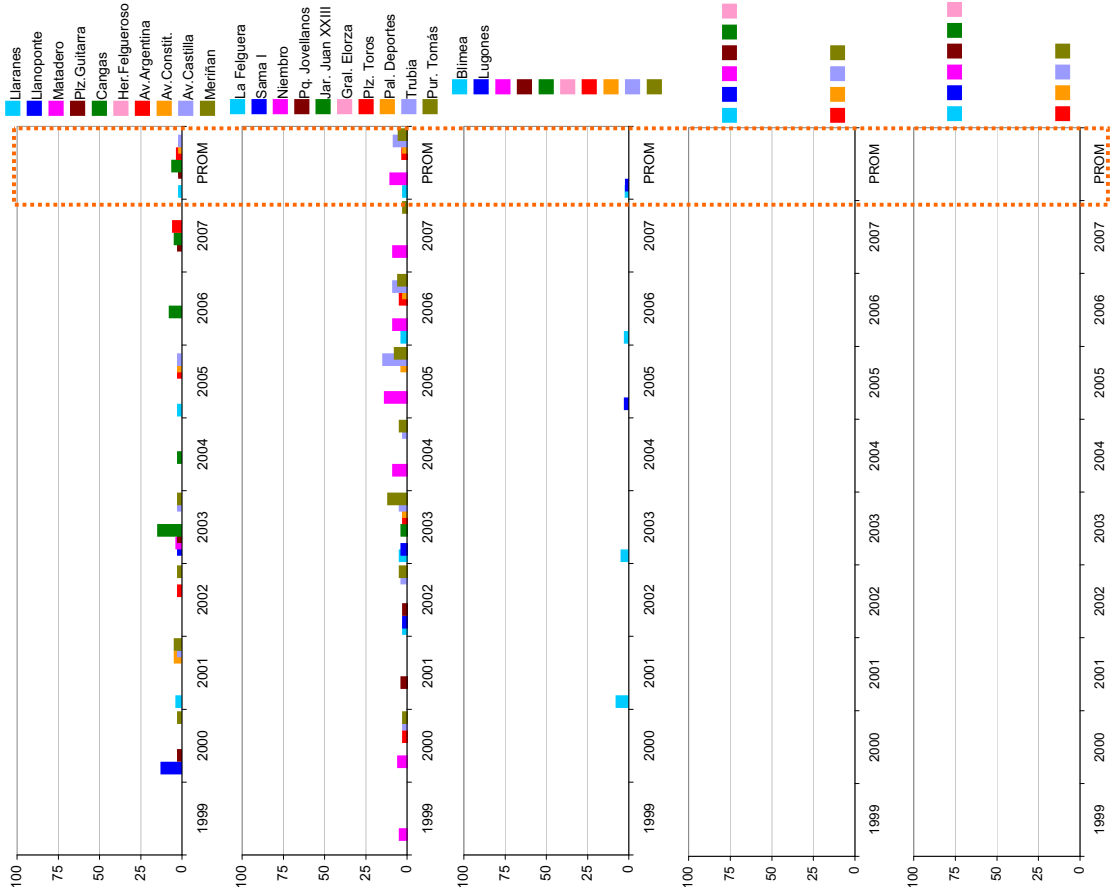


ASTURIAS

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)



8.4. Optimización de la red de calidad del aire de Cantabria.

8.4.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red automática de calidad del aire de Cantabria dispone en 2007 de 11 estaciones automáticas, 8 de ellas dotadas con monitor para la medida de ozono. Este número de cabinas se distribuyen en 1 emplazamiento rural, 1 suburbano, y 9 urbanos en las localizaciones que muestra el mapa de la figura.



Figura 8.4.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Cantabria en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0601	BAHÍA DE SANTANDER	50	234,047	SÍ	--	1	2
ES0602	COMARCA DE TORRELAVEGA	185676	81,168	NO	--	--	2
ES0603	CANTABRIA ZONA LITORAL	1463462	190,365	NO	--	--	1
ES0604	CANTABRIA ZONA INTERIOR	3492831	62,511	NO	1	--	1

Tabla 8.4.1: Listado de zonas y reparto de estaciones de ozono por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie expresada en Km²)



Figura 8.4.2: Estaciones de Cantabria que no disponen de monitor de ozono (2007)

El mapa de zonas delimita las 3 zonas *Cantabria Litoral*, *Cantabria Interior* y *Comarca de Torrelavega*, y 1 zona adicional, *Bahía de Santander*, de tipo aglomeración, que abarca la capital y su área metropolitana. Esta zonificación diferencia de forma adecuada la franja

costera de la interior, entre las cuales existe un gradiente creciente de Norte a sur. Las cabinas de *Los Tojos* y *Reinosa*, en la zona interior son las que registran habitualmente los mayores niveles, especialmente la primera de ellas, y como consecuencia el mayor número de superaciones del valor objetivo a largo plazo y los mayores valores de la AOT40 (aunque sin superar lo valores objetivo y mostrando una tendencia decreciente desde el año 2005 al 2007). Se trata de una red y una zonificación bien dimensionadas, la distribución de estaciones y el mapa de zonas permite el seguimiento de los niveles de ozono, y registra adecuadamente el gradiente entre la costa y el interior, y entre sus áreas urbanas y rurales.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.4.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). Como puede apreciarse la configuración de la red se ha mantenido apenas sin cambios desde el año 2000. En el mismo gráfico la figura de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno.

En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas (en aglomeraciones que superan algún valor objetivo a largo plazo se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano), y teniendo en cuenta que por su población el número mínimo de estaciones requeridas es 1, se puede considerar que la aglomeración Bahía de Santander cumple con este requisito.

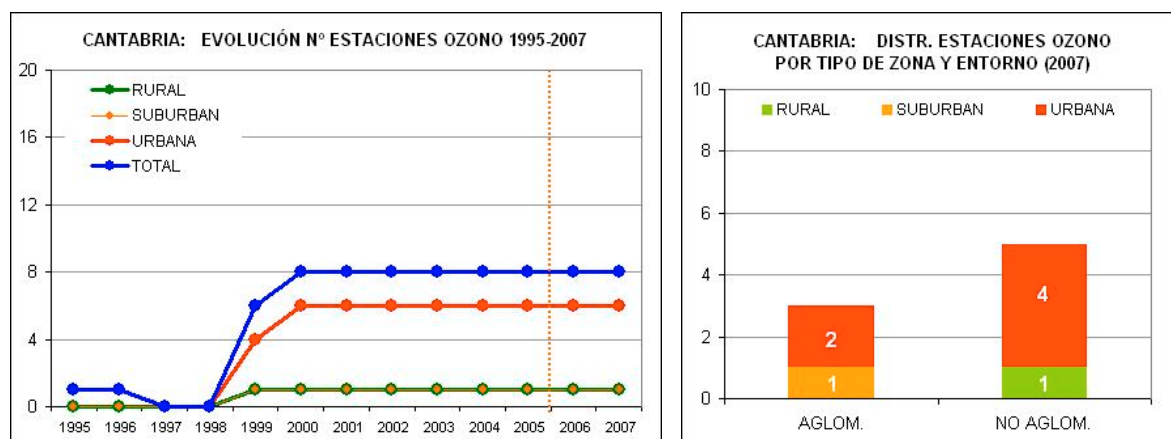


Figura 8.4.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Debido a que se mantiene la misma configuración de la red respecto a la situación diagnosticada en el informe de julio de 2007, se mantienen igualmente las propuestas de optimización realizadas en aquella ocasión. Como entonces se valoró, las posibilidades de optimización consisten básicamente en confirmar la representatividad de la estación de *Los Tojos* para toda la zona interior.

8.4.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.4.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.4.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos

erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado un 7.08 % de los datos en el periodo 1996-2007. Los periodos más largos de datos anulados corresponden fundamentalmente a los de las cabinas *Centro* entre Febrero de 1999 y Octubre de 2001, a *Guarnizo* entre Noviembre de 2000 y Marzo de 2001, y a *Parque Cross* entre Febrero y Mayo de 2003. En el primer caso se trata de valores anormalmente bajos posiblemente a causa de las obras que tuvieron lugar en el entorno de este punto (?). En los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, no se ha anulado ningún dato, poniendo de manifiesto la buena calidad de los registros de ozono de esta red.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E39008001	Guarnizo	El Astillero	BAHÍA DE SANTANDER	SUBURBAN
E39016003	Parque Cross	Camargo	BAHÍA DE SANTANDER	URBANA
E39020001	Castro-Urd.	Castro-Urdiales	CANTABRIA ZONA LITORAL	URBANA
E39025001	Los Corrales	Los Corrales de Buena	COMARCA DE TORRELAVEGA	URBANA
E39059001	Reinosa	Reinosa	CANTABRIA ZONA INTERIOR	URBANA
E39075005	Tetuan	Santander	BAHÍA DE SANTANDER	URBANA
E39086001	Los Tojos	Los Tojos	CANTABRIA ZONA INTERIOR	RURAL
E39087003	Zapatón	Torrelavega	COMARCA DE TORRELAVEGA	URBANA

Tabla 8.4.2: Listado de estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007.

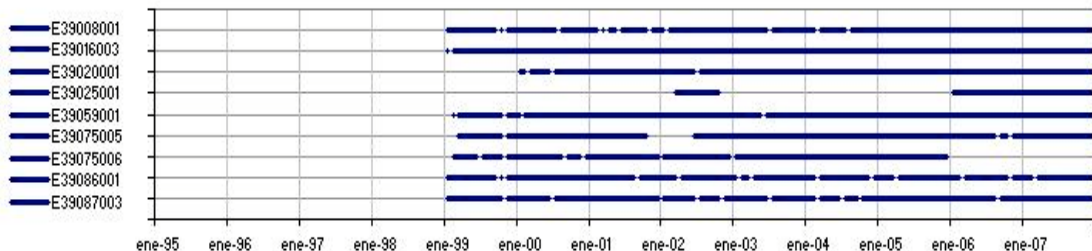


Figura 8.4.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).



Los datos de variables meteorológicas proporcionados por las cabinas de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.4.4: Red de torres de AEMET disponibles en Cantabria.

8.4.3. Dinámica del ozono en Cantabria.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Cantabria. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de la dinámica de contaminantes, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El **relieve** de Cantabria se caracteriza por la disposición de la Cordillera Cantábrica de forma paralela a la costa, con el terreno descendiendo en altura a medida que se aproxima al mar, y con sus valles principales perpendiculares a la costa (valles de los ríos Nansa, Pas, Besaya, Miera, Asón). Esta orografía favorece el desarrollo de brisas y de vientos de valle en los meses centrales del año. Ambas circulaciones se acoplan y refuerzan, conectando la costa, donde se concentra la población y por tanto las emisiones, con el interior. Las medidas de variables meteorológicas en *Torrelavega* registran el régimen de brisas, con viento de componente N durante el día, y drenaje nocturno del S en las horas nocturnas. En *Los Tojos* la orografía favorece también las circulaciones diurnas del N y nocturnas del S (figura 8.4.5).

Debido al predominio de las brisas el transporte de contaminantes durante el día sigue rutas habituales de norte a sur, a través de los cauces naturales que marca la orografía, y se traducirá en niveles de ozono más elevados en las zonas interiores. Las rosas de ozono calculadas a partir de los datos de las cabinas de *Los Tojos* y *Reinosa* (figura 8.4.6), ilustran este transporte de la masa aérea desde la costa hacia el interior.

La figura 8.4.7 muestra las pseudo-trayectorias (ver definición en la figura 7.2) calculadas a partir de los datos de la estación *Los Tojos* para los días en que se superan los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario. Este gráfico permite estimar que efectivamente los niveles elevados registrados en *Los Tojos* se deben al alcance de la circulación de brisa reforzada sobre las zonas del interior. Una componente importante de estas concentraciones proviene de la formación fotoquímica, a partir de los precursores emitidos en la costa, durante el transporte de la masa aérea hacia el interior. Además a esta componente se podrán sumar ocasionalmente niveles de fondo que penetran desde el mar (ver apartado 5.2.3 y el ejemplo mostrado en la figura 5.15).

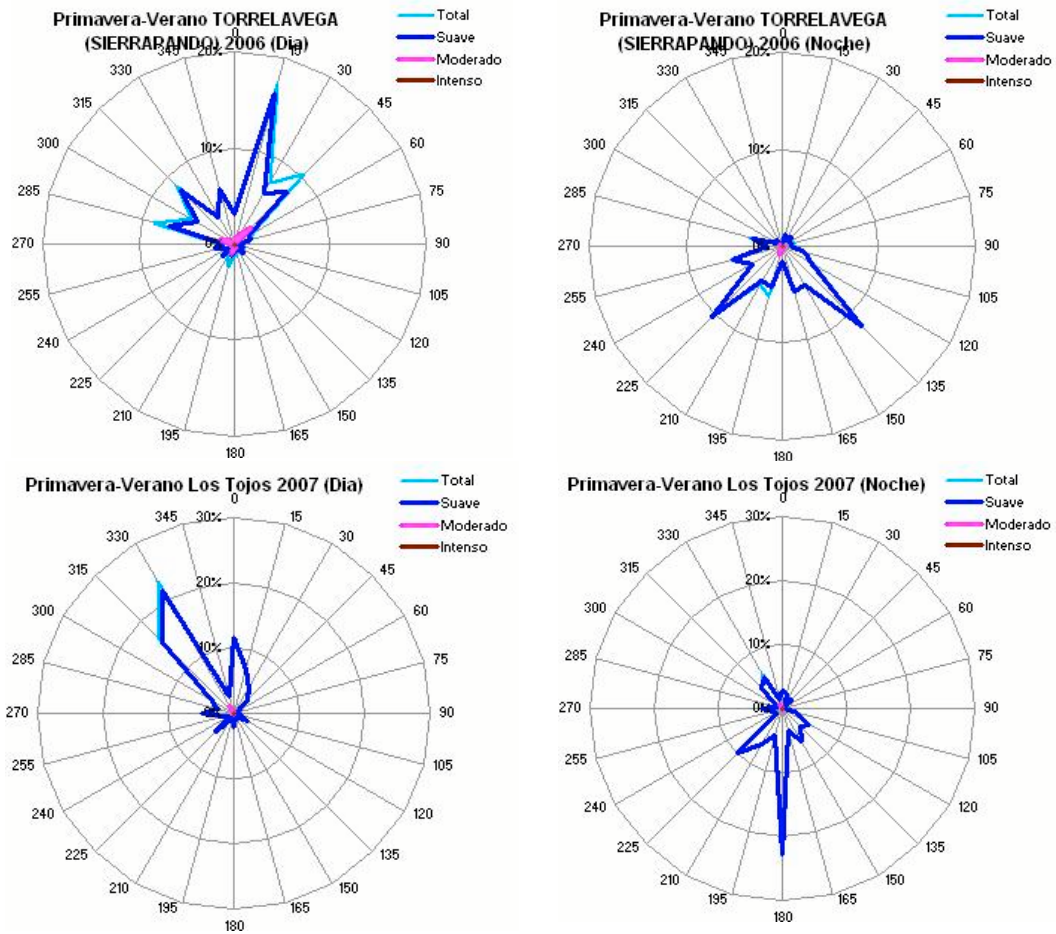


Figura 8.4.5: Rosas de viento en Torrelavega y Los Tojos, entre las 7 y las 19h UTC (izda) y entre las 19 y las 7 UTC (Dcha.) **Legenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

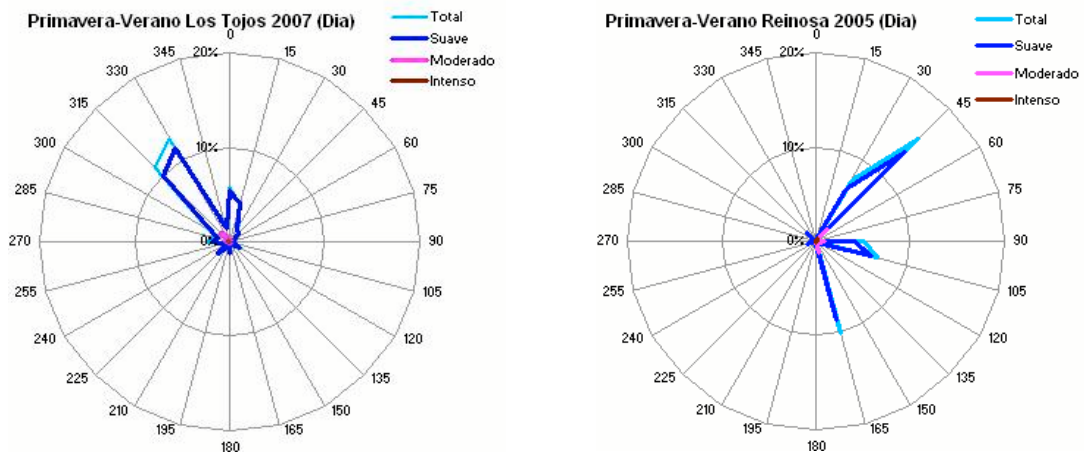


Figura 8.4.6: Rosas de Ozono entre las 7 y las 19 UTC de las cabinas de Los Tojos y Reinosa. Los niveles de ozono por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociados a la entrada de aire desde la costa canalizado por el valle de Cabuerniga y el valle del río Besaya respectivamente. La componente E en Reinosa puede estar asociada a entrada de aire también por el valle del Ebro desde el norte de Burgos (o puede ser un efecto local debido a alguna pantalla próxima) **Legenda:** Suave ($80-120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Moderado ($120-150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Intenso ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

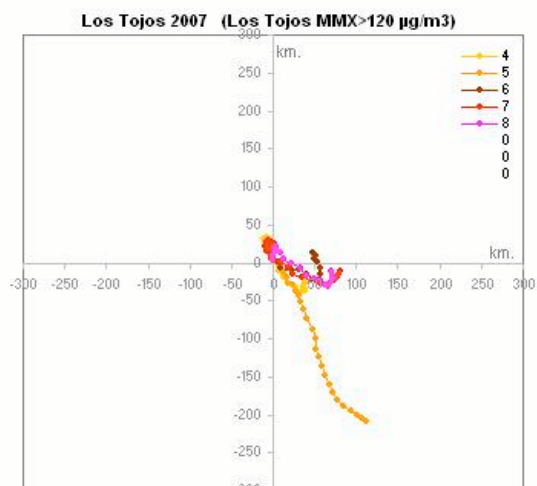


Figura 8.4.7: Seudo-trayectorias (ver definición en figura 7.2) mensuales promedio entre Abril y Agosto calculadas a partir de los datos de la estación de Los Tojos filtrados para los días en que se superan los 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario.

Por otro lado las brisas costeras están interferidas en ocasiones por la circulación sinóptica (figura 8.4.8). Una de las situaciones típicas es inducida por el Anticiclón de las Azores hacia las Islas Británicas, provocando una circulación de componente Este sobre toda la costa cantábrica peninsular.

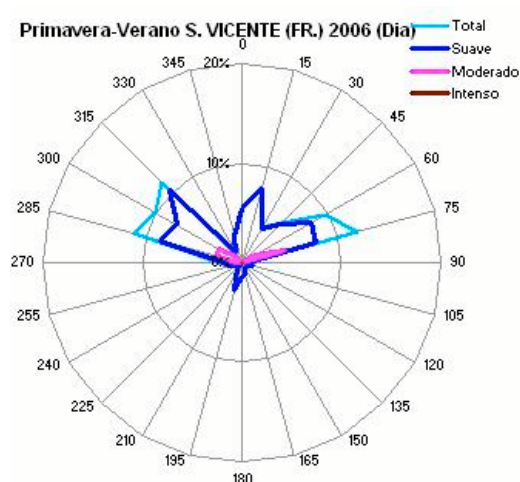


Figura 8.4.8: Rosas de viento de la torre de AEMET en el faro de San Vicente, entre las 7 y las 19h UTC (izda) y entre las 19 y las 7 UTC (Dcha.) **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

En general, este viento contribuye a dispersar los contaminantes en la franja litoral, y además impide que estos se acumulen durante periodos de varios días, como ocurre sobre el litoral mediterráneo o en el centro de la península. Estas situaciones se producen con mayor frecuencia entre Mayo y Septiembre. Y junto a la mayor cantidad de nubosidad son factores que contribuyen a moderar los niveles de ozono en verano, y explican las diferencias en la pauta estacional de ozono entre la franja cantábrica y el resto del territorio. Como resultado de todo ello en la cornisa cantábrica en general, los niveles de ozono son inferiores a los que afectan al resto de España y los datos de la red así lo confirman.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.4.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de Cantabria. Solo se representan los datos de la estación rural

de *Los Tojos* y la suburbana *Guarnizo*, más representativas de las concentraciones en el interior y las costa respectivamente. Esta pauta, más acentuada en *Guarnizo*, es característica de toda la franja cantábrica, y diferente a la registrada en la mayor parte del resto del territorio de España. El máximo estacional se registra en Abril-Mayo, y hay un mínimo relativo en Julio, cuando se registran los niveles máximos en el resto de la península. Las causas se han explicado en el párrafo anterior.

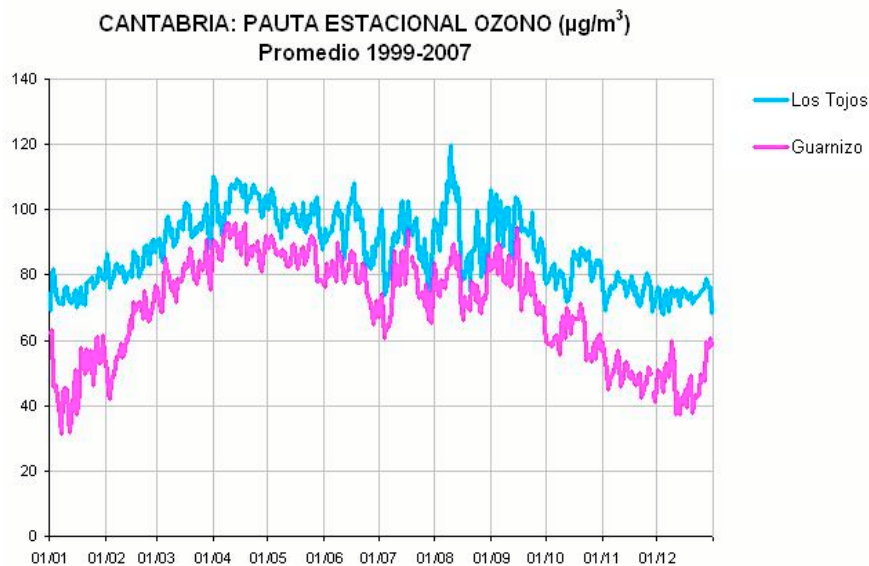


Figura 8.4.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Cantabria, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en Abril y Mayo, con niveles alejados del Valor Objetivo de Protección a la Salud.

La figura 8.4.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Cantabria, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España.

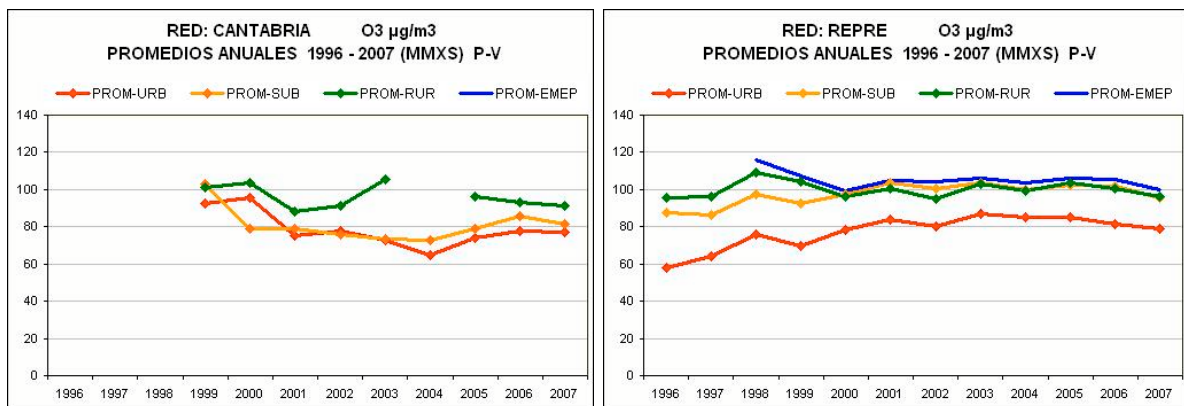


Figura 8.4.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Cantabria. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.4.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio la red de Cantabria mantiene la misma configuración respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007. En consecuencia se mantienen igualmente las propuestas de optimización realizadas en aquella ocasión. Como entonces se valoró, las posibilidades de optimización consisten básicamente en confirmar la representatividad de la estación de *Los Tojos* para toda la zona interior. Para ello se proponen tres puntos de medida en los entornos de Potes, Aldea de Ebro - Barcena de Ebro, y Selaya.

El primero se sitúa en el centro de la comarca de Liébana, un territorio protegido por barreras montañosas en todo su perímetro (Picos de Europa al Oeste, Peña Prieta al Sur y la Sierra de Peña Sagra al Este), que podría quedar fuera de la ruta de transporte de las emisiones costeras hacia el interior. El segundo se encuentra en el territorio más meridional de Cantabria, al sur del Embalse del Ebro. Es un punto de interés para el análisis del alcance de las circulaciones desde la costa, y de las posibles entradas de vientos de componente E (prolongación de las circulaciones del Ebro), y del efecto de ambas sobre los niveles de ozono. Finalmente el punto más oriental en Selaya se encuentra en la vertical de la capital a unos 30m Km. al sur, y en él se pueden presumir niveles del mismo orden o incluso por encima de los registrados en *Los Tojos*.

En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...). Igualmente es fundamental la medida simultánea de las variables meteorológicas, sin las que es difícil la interpretación de los registros de ozono.



Figura 8.4.7: Propuesta de tres puntos de medida en la zona interior para confirmar la representatividad de la estación de *Los Tojos*.

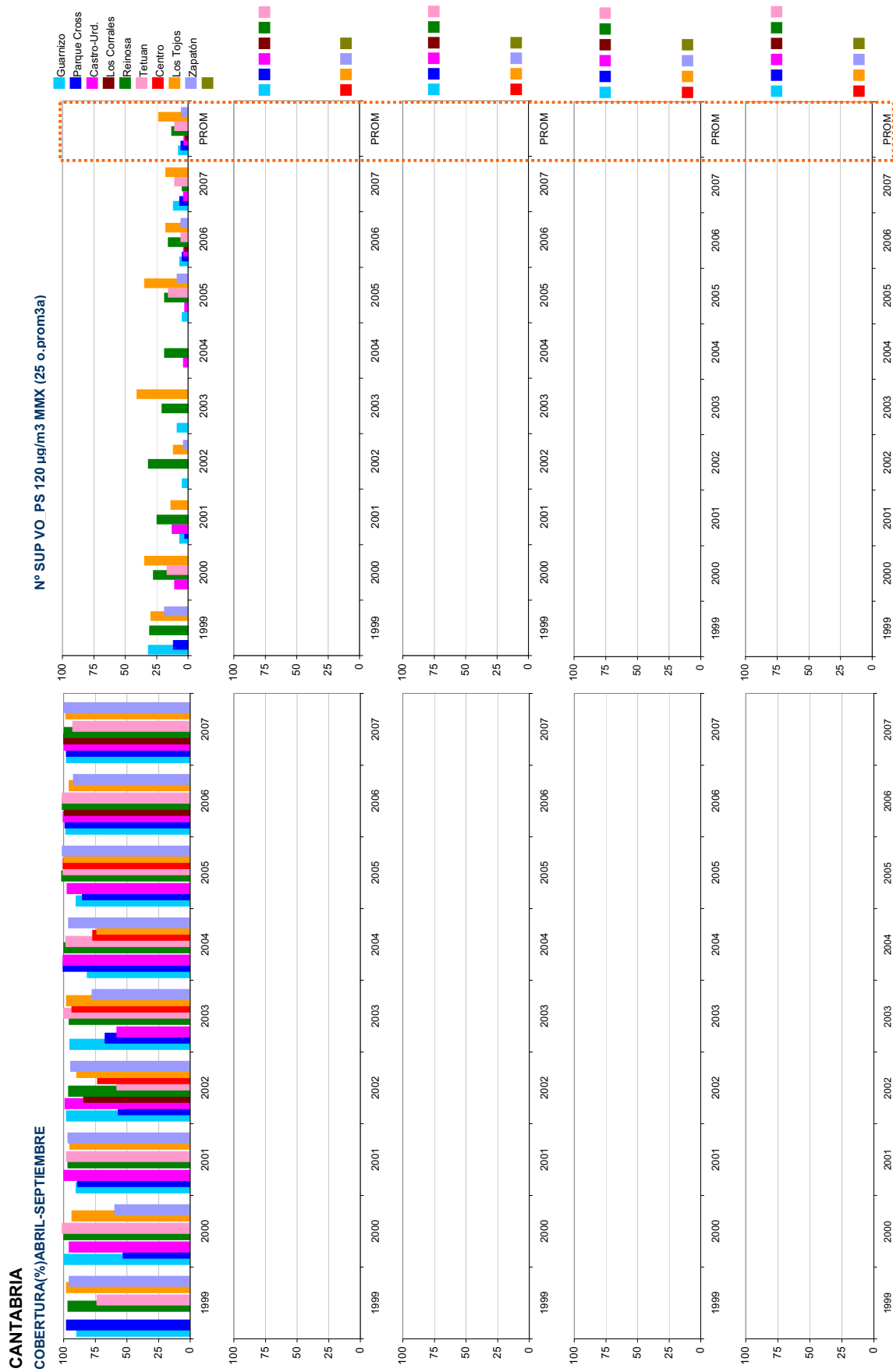
Por otro lado en relación con el cumplimiento de los criterios establecidos en el RD 1796/2003 en su anexo VI, las tres zonas *Cantabria Litoral*, *Cantabria Interior* y *Comarca de Torrelavega* deberían disponer cada una al menos de una estación de tipo suburbano. Se recomienda para ello la reubicación de las cabinas *Castro-Urdiales*, *Zapatón*, y *Reinosa* en

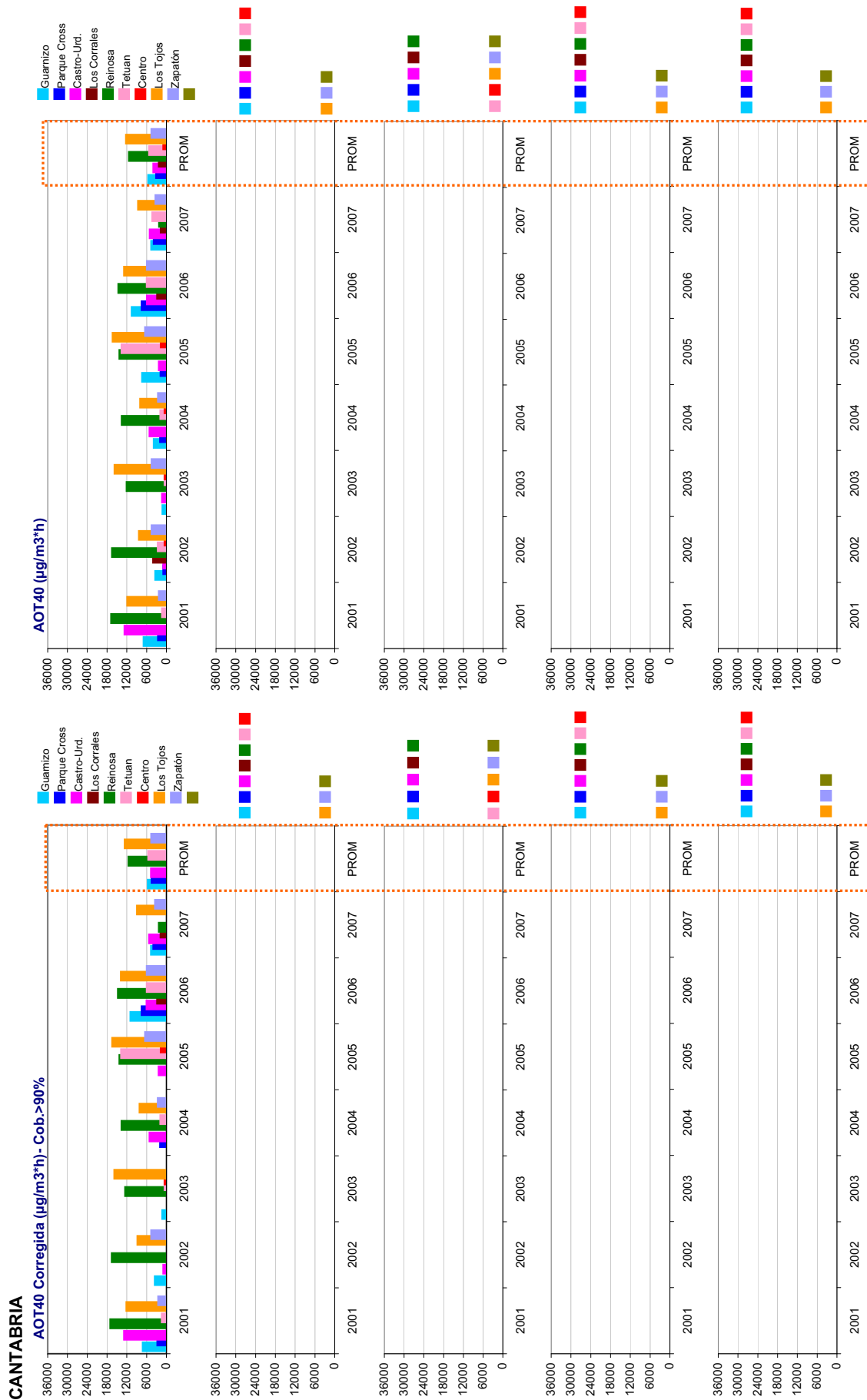
ubicaciones más periféricas de las poblaciones donde operan. Estas reubicaciones contribuirían también a la mayor representatividad de las medidas.

Y por último, en cuanto a la zonificación desde el punto de vista del ozono se puede integrar la zona Torrelavega con en la zona litoral.

8.4.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Cantabria las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.





8.5. Optimización de la red de calidad del aire de Castilla-La Mancha.

8.5.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Castilla-La Mancha dispone de 10 estaciones automáticas en 2007, que se distribuyen por tipo de entorno en 2 rurales (que corresponden en realidad a la red EMEP), 6 Suburbanas y 2 urbanas. Todas ellas están dotadas con monitor para la medida de ozono. La configuración hasta 2007, salvo por el traslado de la cabina de Toledo a otro emplazamiento dentro de la misma ciudad, se mantiene sin cambios desde el año 2000. Más recientemente (a principios de 2008) se instalaron las nuevas cabinas de Cuenca, Ciudad Real y Talavera de la Reina. Los datos de estas cabinas son posteriores al periodo de datos disponibles, y no se han analizado en este estudio. Se considera en cualquier caso que esta ampliación mejora sensiblemente la cobertura espacial de la red, aunque por su localización dentro de áreas urbanas es discutible su representatividad para el conjunto de las zonas donde estas se ubican.



Figura 8.5.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Castilla -La Mancha en 2007. Las tres zonas resaltadas conforman una única zona Sierra y zonas rurales. 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0705	COMARCA DE PUERTOLLANO	3305	72,513	NO	--	3	1
ES0706	CASTILLA LA MANCHA-ZONAS INDUSTRIALES Y DENSAMEN	9534	608,754	NO	--	2	1
ES0707	LA MANCHA	21025	827,681	NO	--	1	--
ES0708	CASTILLA LA MANCHA-SIERRAS Y ZONAS RURALES.	45560	573,206	NO	2	--	--

Tabla 8.5.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.5.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). Como puede apreciarse la configuración de la red se ha mantenido apenas sin

cambios desde el año 2000. En la misma figura el gráfico de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno.

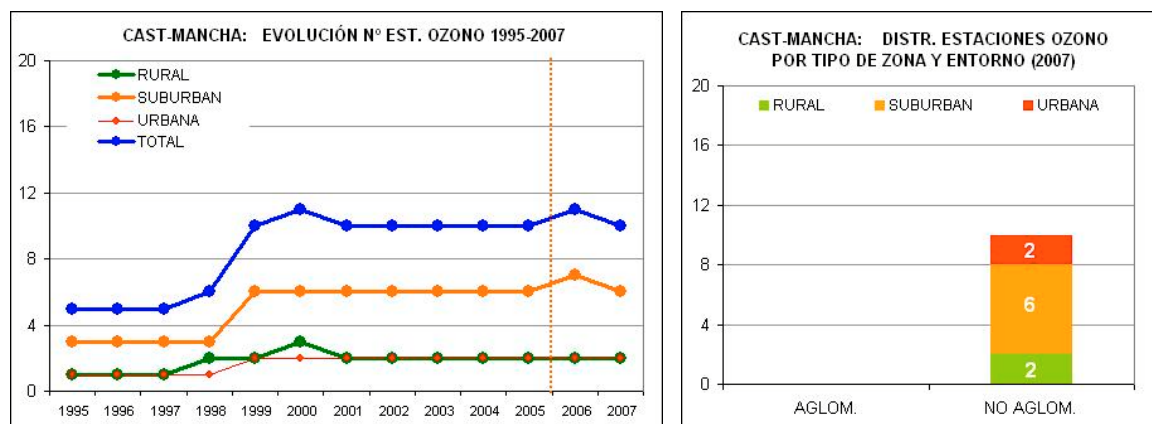


Figura 8.5.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Como ocurre con las redes de otras CCAA se trata de una red muy orientada a la medida de contaminantes en áreas urbanas e industriales, y ofrece una buena cobertura en relación con la vigilancia de los niveles de las especies primarias (las emitidas directamente desde sus fuentes: NO_x, CO, SO₂ y partículas primarias). Por esta razón la red no es igual de completa respecto a la vigilancia del ozono. El número y la distribución de estaciones resultan aún insuficientes, con algunos huecos importantes en la cobertura espacial de las áreas rurales. La zonificación no contempla adecuadamente las diferencias entre territorios actualmente incluidos en la zona *Sierras y Zonas Rurales*, y no hay que presumir tampoco situaciones equivalentes en la parte oriental y la parte occidental de la zona *La Mancha*. Todo ello aconseja la ampliación de la red a las áreas rurales, y la revisión del mapa de zonificación.

8.5.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.5.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.5.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado 7.6 % de los datos de ozono entre 1996 y 2007. En los dos últimos años del periodo 2006 y 2007 se han anulado el 0.39 % y el 4.77% respectivamente. La periodos más largos de datos anulados en 2007 (superiores a un mes) corresponden a las cabinas *Barriada 360*: 1/3/2007 a 11/5/2007, *Instituto*: de 13/8/2007 al 28/9/2007, y *Albacete* 8/3/2007 al 11/4/2007.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E02003001	Albacete	Albacete	LA MANCHA	Albacete	SUBURBAN
E13071014	C. Ancha	Puertollano	COMARCA DE PUERTOLLANO	Ciudad Real	URBANA
E13071015	Cp. Futbol	Puertollano	COMARCA DE PUERTOLLANO	Ciudad Real	SUBURBAN
E13071016	Instituto	Puertollano	COMARCA DE PUERTOLLANO	Ciudad Real	SUBURBAN
E13071017	Barriada 630	Puertollano	COMARCA DE PUERTOLLANO	Ciudad Real	SUBURBAN
E19046001	Azuqueca	Azuqueca de Henares	ZONAS INDUSTRIALES Y DENSAMENTE POBLADAS	Guadalajara	SUBURBAN
E19061999	Campisabalos	Campisabalos	SIERRAS Y ZONAS RURALES.	Guadalajara	RURAL
E19130001	Guadalajara	Guadalajara	ZONAS INDUSTRIALES Y DENSAMENTE POBLADAS	Guadalajara	URBANA
E45153998	Risco Llano	San Pablo de los Montes	SIERRAS Y ZONAS RURALES.	Toledo	RURAL
E45153999	San Pablo M. 1	San Pablo de los Montes	SIERRAS Y ZONAS RURALES.	Toledo	RURAL
E45168001	Toledo	Toledo	ZONAS INDUSTRIALES Y DENSAMENTE POBLADAS	Toledo	SUBURBAN
E45168002	Toledo?	Toledo	ZONAS INDUSTRIALES Y DENSAMENTE POBLADAS	Toledo	SUBURBAN

Tabla 8.5.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007. (Superficie expresada en Km²)

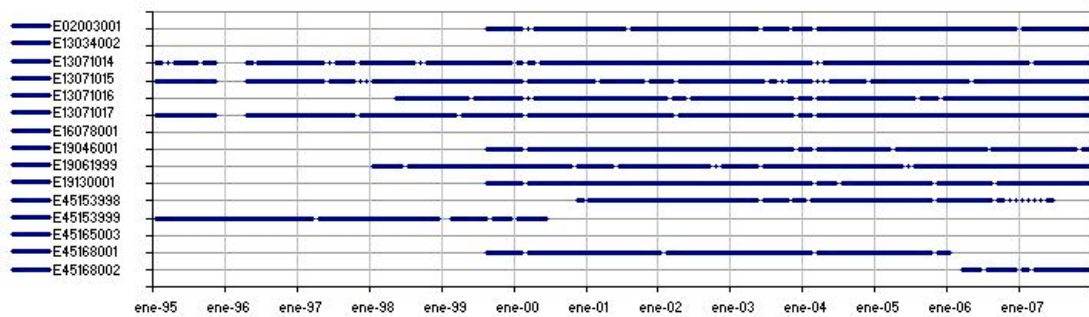


Figura 8.5.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a períodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).



Los datos de variables meteorológicas proporcionados por las cabinas de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.5.4: Red de torres de AEMET disponibles en Castilla-La Mancha

8.5.3. Dinámica del ozono en Castilla-La Mancha.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Castilla-La Mancha. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El territorio Castellano Manchego es el tercero en extensión entre las CCAA de España. Su orografía se caracteriza por una extensa llanura central que abarca La Mancha, la Meseta Toledana, La Sagra y la Vega de Toledo, rodeada de formaciones montañosas en todas las direcciones: El Sistema Central al norte, el Sistema Ibérico al este, los Montes de Toledo al Oeste, y Sierra Morena y la Sierra de Alcaraz al Sur.

El Sistema Central actúa como barrera montañosa que dificulta o modera la influencia de las circulaciones sinópticas de poniente sobre la mitad norte del territorio, y debido a la orientación de este sistema y el calentamiento de sus laderas orientadas al sur, favorece en primavera y verano el desarrollo de circulaciones de mesoescala dirigidas hacia el Norte-Noreste.

Los montes de Toledo por su orientación E-O permiten la continuidad de los vientos que penetran desde ambas direcciones. Por su parte el Sistema Ibérico y la Sierra de Alcaraz al sur de Albacete, ofrecen pasos que permiten la entrada de vientos desde el mediterráneo a través de la Comunidad Valenciana (los registros de la cabina de *Caudete* en la Comunidad Valenciana, y los resultados de la simulación numérica del campo de vientos en esa zona durante un episodio de ozono a escala peninsular, ver Capítulo 6., son indicios de peso que apoyan esta posibilidad), y de Murcia. Y a través de Sierra Morena es posible la transferencia de la masa aérea desde el valle del Guadalquivir al sur de Ciudad Real por el valle del río Jandula, y quizás también por paso de Despeñaperros, y al sur de Albacete a través del Valle del Guadalmena en la cara norte de la Sierra de Alcaraz.

Las rosas de viento de la figura 8.5.5 y las pseudotrayectorias (ver definición en figura 7.2) de la figura 8.5.6 calculadas a partir de torres meteorológicas en diferentes puntos de Castilla – La Mancha, y de Andalucía y Murcia, ilustran esta situación.

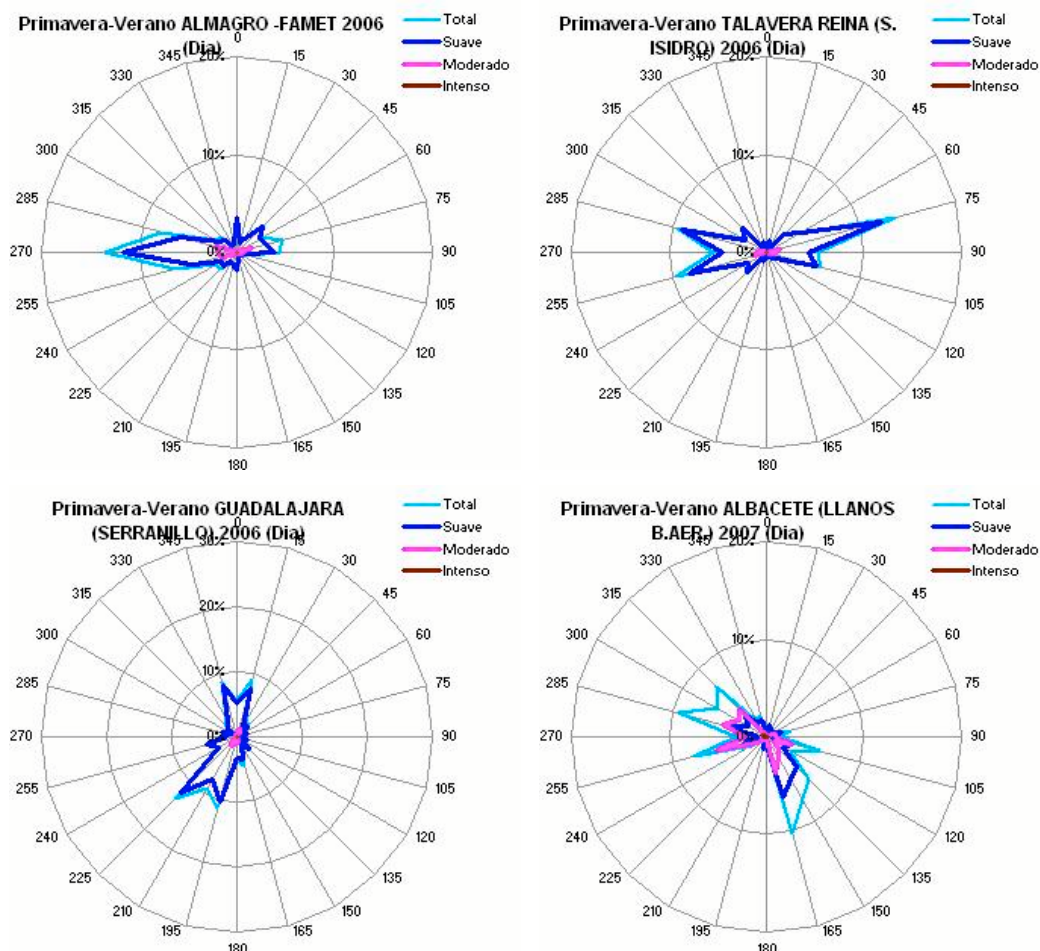


Figura 8.5.5: Rosas de viento de las torres de AEMET en Almagro, Talavera, Serranillo y Los Llanos (entre las 7 las 19 UTC de Abril a Septiembre). **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

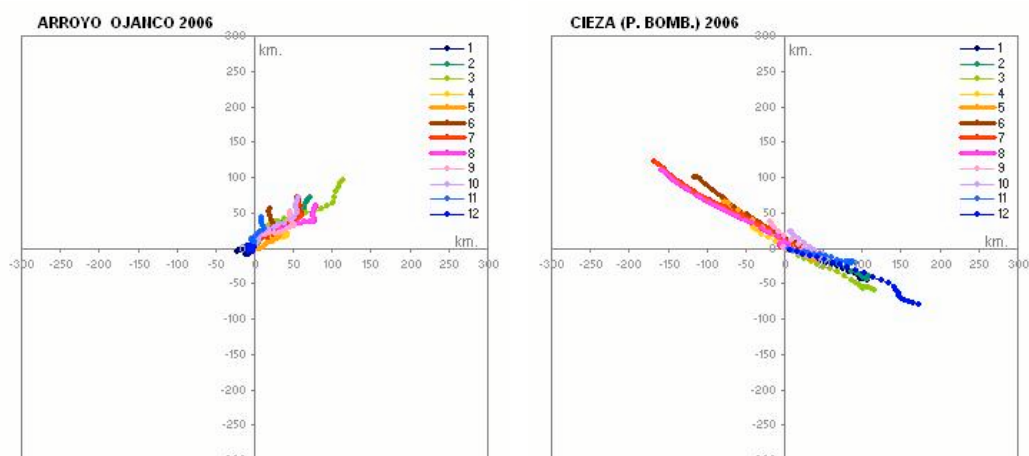


Figura 8.5.6: Seudo-trayectorias mensuales promedio (ver definición en figura 7.2) calculadas a partir de los datos de las torres de AEMET de Arroyo del Ojanco en Andalucía, y Cieza, Murcia. En ambos casos en primavera y verano se puede presumir la entrada de la masa aérea desde el Valle del Guadalquivir al sur de Ciudad Real y desde Murcia sobre el área de Hellín.

Dentro del territorio existen áreas de emisión más o menos significativas. Los mayores **focos** son las áreas urbanas de las ciudades de Guadalajara, Toledo y Albacete, y el área

industrial de Puertollano⁶. También al noreste de Toledo se localizan en un radio relativamente reducido la C.T. de Aceca y las fábricas de cementos de Lafargue Asland y de Cemex. Otros focos de emisión son las factorías de Energyworks de Villarobledo y la central de cogeneración de Movalsa en Campo de Criptana.

Pero en relación con los niveles de ozono, es importante además la contribución de **concentraciones que penetran a este territorio desde comunidades vecinas**. Además de lo ya comentado en relación con posible la penetración de ozono al sur de la comunidad desde el valle del Guadalquivir y desde la vertiente mediterránea, la red de calidad del aire permite registrar la influencia de las emisiones de la capital sobre la provincia de Guadalajara (figura 8.5.7) y probablemente también, aunque más difícil de determinar, sobre la provincia de Toledo.

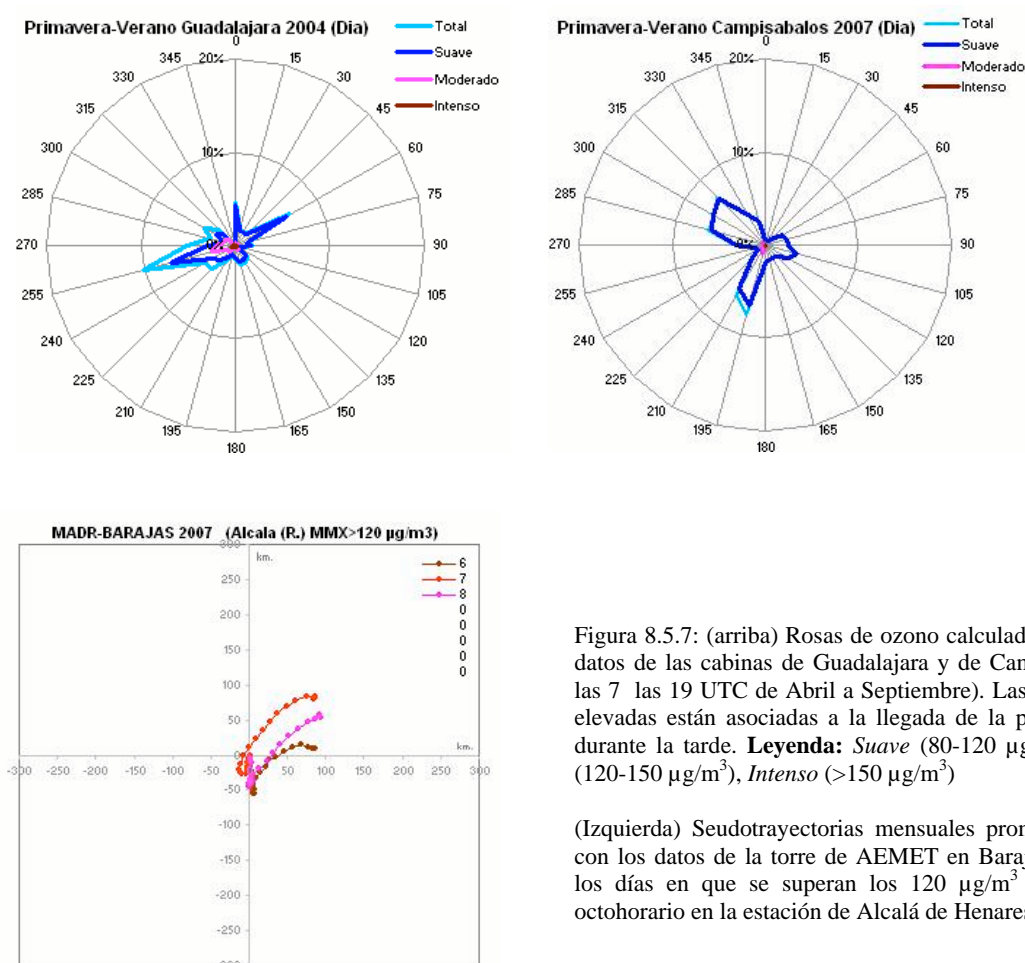


Figura 8.5.7: (arriba) Rosas de ozono calculadas a partir de los datos de las cabinas de Guadalajara y de Campisábalos (entre las 7 las 19 UTC de Abril a Septiembre). Las concentraciones elevadas están asociadas a la llegada de la pluma de Madrid durante la tarde. **Leyenda:** *Suave* (80-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Moderado* (120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Intenso* ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Izquierda) Seudotraectorias mensuales promedio calculadas con los datos de la torre de AEMET en Barajas filtrados para los días en que se superan los 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en la estación de Alcalá de Henares.

⁶ El área de Puertollano, donde se concentran diversas plantas industriales del sector químico (Repsol Química, Fertiberia), refinero (refinería Repsol) y las centrales térmicas de Viesgo y Elcogas, por sus especiales características, que se manifiestan entre otras en la ocurrencia de episodios agudos de ozono, es un punto singular en relación con la contaminación por ozono troposférico, que merece un capítulo aparte. En el contexto de este estudio se ha llevado a cabo una campaña de medidas experimentales en esta zona, cuyos resultados se emiten en un informe específico. Aún que las condiciones meteorológicas durante las fechas en que transcurrió la campaña no fueron las más favorables se ha logrado documentar en gran parte los procesos que determinan el comportamiento del ozono en este área.

Además de estas contribuciones a nivel de superficie, en todo el interior de esta comunidad puede ser importante la componente de transporte vertical. Al menos en las situaciones en que se desarrolla la Baja Térmica sobre el centro peninsular, lo que ocurre de forma frecuente en primavera y verano, la meseta meridional, junto con otras zonas de la península, se configura como un área de subsidencia (aire descendente), en compensación a las ascensiones que se producen sobre las cordilleras que la rodean (sistema central, Ibérico, Sierra Morena y Montes de Toledo). Como resultado las zonas de subsidencia pueden ser las “receptoras” de concentraciones de ozono formadas por ascendencia orográfica en otros puntos de la península. El episodio simulado que se presenta en el Capítulo 6 ilustra estas situaciones. El orden de magnitud que supone esta contribución es difícilmente cuantificable a partir del análisis de los datos de las redes de calidad del aire. Se requiere para ello otros recursos y herramientas complementarias como la modelización fotoquímica o campañas experimentales específicamente diseñadas para este objeto.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.5.8 muestra la pauta estacional (año promedio calculado a partir de las series de máximos octohorarios diarios) de los niveles de ozono registrados por las cabinas rurales de la red de Castilla-La Mancha (pertenecientes a la red EMEP en realidad). Las estaciones en entornos rurales son las que proporcionan un mejor conocimiento de los niveles de ozono en todo el territorio. La pauta es semejante a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año. Se puede apreciar que en promedio es relativamente frecuente la superación del valor objetivo de protección a la población (120 µg/m³ como promedio octohorario) entre Junio y Agosto.

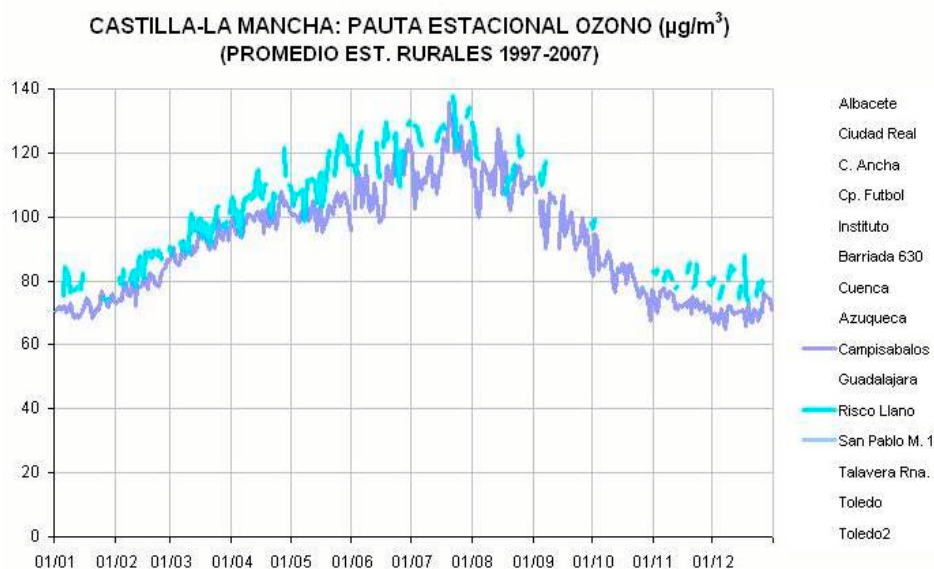


Figura 8.5.8: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Castilla-La Mancha, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación frecuente en alguna de las estaciones del valor objetivo de protección a la Salud.

La figura 8.5.9 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Castilla-La Mancha, y a la derecha misma evolución en el conjunto de estaciones representativas para todo España. Aparte de la falta de datos en puntos rurales diferentes de los dos emplazamientos EMEP, llama la atención que los niveles registrados en las estaciones urbanas y suburbanas son similares y se sitúan, como promedio, en el rango que muestran las cabinas rurales en el conjunto de estaciones representativas. Hay que tener en cuenta que la única estación urbana, *Calle Ancha*, en Puertollano se localiza en una calle de una ciudad mediana sin excesivo tráfico (no es un entorno comparable al de la mayor parte de estaciones urbanas de tráfico que se incluyen en la selección).

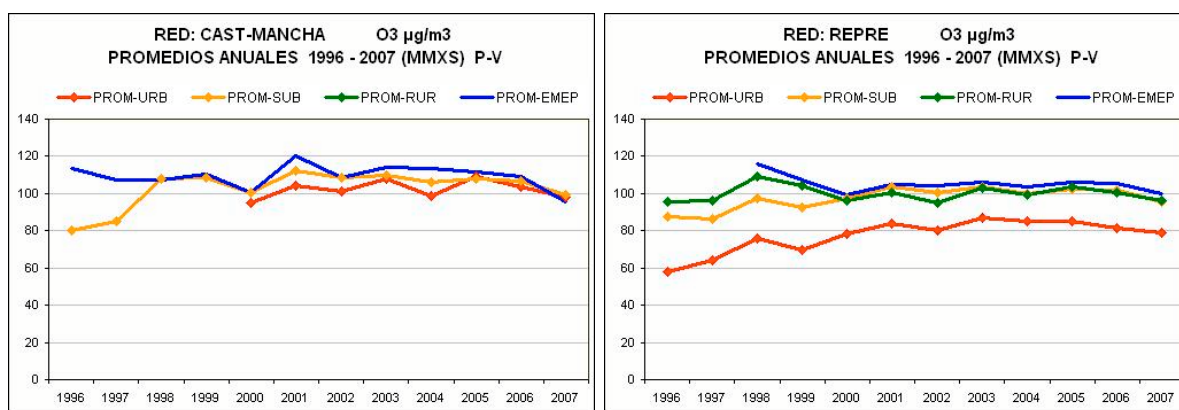


Figura 8.5.9: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Castilla-La Mancha. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.5.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio la red de Castilla-La Mancha mantiene la misma configuración respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007. En consecuencia no hay cambios importantes en las propuestas de optimización realizadas en aquella ocasión.

En base a los resultados del análisis se proponen 6 puntos de medida complementarios en Castilla-La Mancha (uno menos que en la propuesta anterior porque la nueva estación de Talavera se sitúa en uno de los puntos que se habían seleccionado entonces). Estos puntos se agrupan en tres pares más un punto al Este de Puertollano, y están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con dos unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y torre meteorológica, y registrando datos de forma simultánea en los puntos emparejados.

A partir de los resultados de esta campaña se seleccionarían los puntos más adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación. Se requiere en cada punto entre uno y dos meses de medidas, de forma continuada o en periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre.

En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...).

Respecto a la zonificación se proponen cambios importantes orientados a separar las áreas de influencia de Madrid por el norte, y la influencia mediterránea al Sureste. El territorio intermedio que queda entre ambas se divide en dos zonas atendiendo a consideraciones geográficas y a su gran extensión. El figura de abajo muestra sobre el mapa las propuestas realizadas.



Figura 8.5.10: Mapa de Castilla –La Mancha con los emplazamientos de medida propuestos y posibles modificaciones a la zonificación.

El par de emplazamientos (1) se propone para analizar el alcance de la influencia de la pluma de Madrid sobre el norte de Castilla-La Mancha. En principio se espera que esta influencia será más significativa en el punto más al norte (en el entorno de Medranda-Pinilla de Jadraque), y menos en el segundo (entorno de Cañaveras-Torralba). El análisis conjunto de los datos obtenidos en este segundo punto y los obtenidos el punto (2) más al norte y centrado en la comunidad, permitirá confirmar la separación propuesta entre las dos zonas intermedias. En la medida de lo posible se procurarán también medidas simultáneas en este segundo punto y en el punto (3) del norte, en el entorno de Iniesta, en este caso para vigilar el alcance de la influencia de la masa de aire mediterránea.

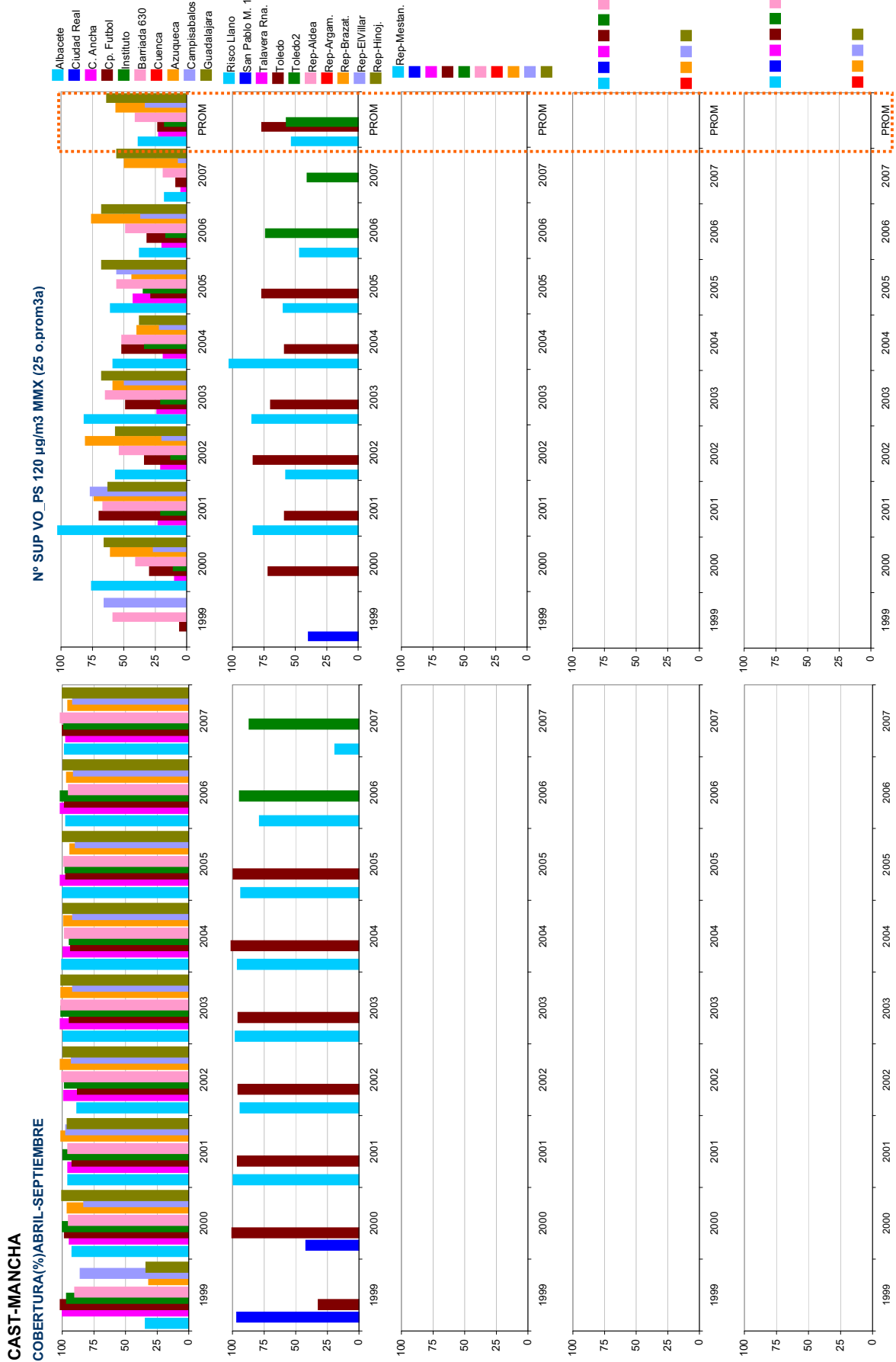
Con el par de emplazamientos (2), en los entornos de Madrideojos-Camuñas y Viso del Marques, se trata con el primero de obtener medidas en un punto centrado, y relativamente alejado de los aportes “externos” desde comunidades vecinas. En el segundo el mayor interés es analizar el alcance de las emisiones del área industrial de Puertollano a sotavento hacia el Este, y a la vez para registrar la posible entrada de ozono desde el Sur. En base a estas medidas se podría redefinir los límites de la actual zona *Comarca de Puerto Llano*.

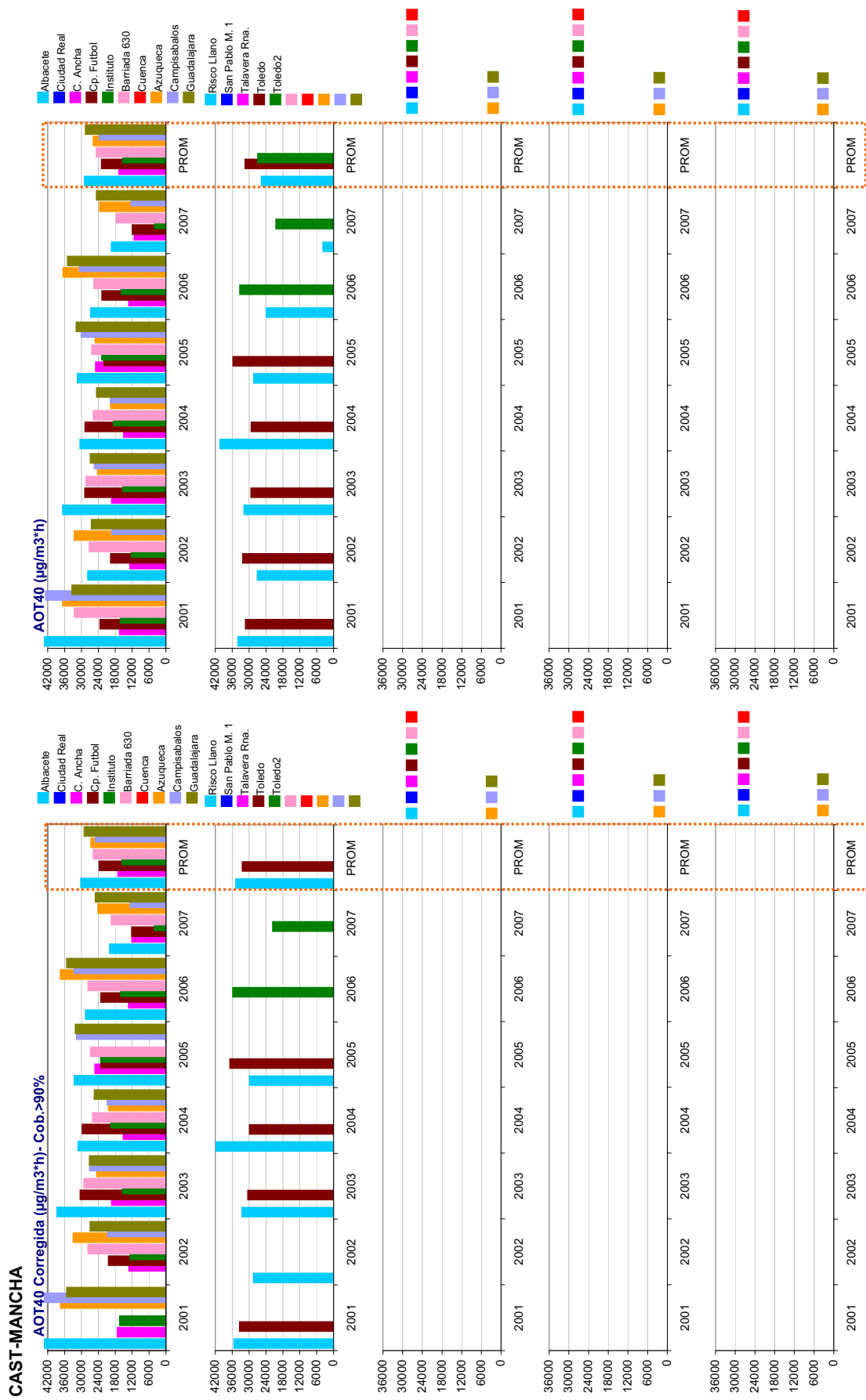
La comparación de los datos allí registrados con los del resto de estaciones actualmente operativas será la referencia de los gradientes de concentración en todo el territorio, y posiblemente permita analizar en alguna medida la influencia del transporte vertical.

El par de puntos (3) junto con la actual cabina de Albacete servirá para registrar la entrada de la masa aerea desde el mediterráneo, y para analizar el gradiente de concentraciones respecto a los territorios del centro. El análisis de estos datos permitirá confirmar o redefinir la delimitación de la nueva zona oriental delimitada en el mapa.

8.5.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Castilla-La Mancha las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a al vegetación.





8.6. Optimización de la red de calidad del aire de Castilla-León.

8.6.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Castilla-León dispone en 2007 de 68 estaciones operativas en 2007. De ellas 33 están dotadas con monitor para la medida de ozono y se distribuyen en 4 Rural, 11 Suburbanas, y 18 Urbanas. El mapa de la figura 8.6.1 muestra la distribución geográfica de los emplazamientos. Esta red es en realidad la agregación de 11 redes diferentes, tanto de ámbito público (red regional, la municipal de Valladolid y la estación EMEP del Ministerio), como privado (redes de Renault, Michelin, Cementos Cosmos, Cementos Portland y las de las centrales térmicas de Anllares, Compostilla, La Robla y Velilla del Ro Carrión). En consecuencia la red está distribuida por muchos puntos del territorio de Castilla -León, pero por las razones que se explican más adelante no es una red óptima para la vigilancia del ozono troposférico.

Respecto a la situación de la red en 2005, valorada en el informe de Julio de 2007, y en base a los nuevos ficheros de datos recibidos de los años 2006 y 2007, se han dado de baja dos estaciones de ozono, *Fac. Teología* en Burgos y *Pl. Colón* en Salamanca, ambas urbanas, y se han dado de alta otras dos *Cementos Portland 1 y 2*, de tipo suburbano, en Venta de Baños. La configuración de la red no ha variado por tanto de manera significativa, y en general sigue siendo válido el diagnóstico emitido en aquella ocasión.



Figura 8.6.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Castilla -León en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

Las 35 estaciones operativas en 2007 que no miden ozono se muestran sobre el mapa de abajo. Todas ellas se encuentran en puntos donde ya existen estaciones que sí lo miden, de manera que no sirven como posibles puntos para mejorar la cobertura espacial respecto a la medida de este contaminante. Llama la atención la gran densidad de estaciones en los entornos de Ponferrada y de Anllares, donde sin duda muchas de ellas son redundantes respecto cualquiera de los contaminantes considerados.



Figura 8.6.2: Estaciones de la red de Castilla-León que no cuentan con monitores de medida de ozono en 2007

Como se aprecia en el primer mapa (figura 8.6.1) la distribución de la red de ozono abarca todo el territorio, pero casi todas las estaciones miden en entornos urbanos o industriales en los que las emisiones son significativas. Esta circunstancia reduce en mayor o menor grado, dependiendo de emplazamiento, el área de representatividad de los registros de este contaminante, muy afectados por las emisiones próximas. Apenas unas pocas de las estaciones de la red pueden considerarse representativas de áreas extensas en relación con los niveles de ozono troposférico. Entre ellas la estación (EMEP) de *Peñausende* al sur de Zamora, las estaciones también rurales de Compostilla (y quizás alguna de las suburbanas como *Medina*, cuya representatividad en todo caso habría que confirmar en base a datos complementarios). Por otro lado la cabina también EMEP de *Campisábalos* en Castilla-La Mancha, usada para complementar la evaluación de esta comunidad, no rellena el hueco importante en la cobertura espacial de la red respecto a las áreas rurales.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.6.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). En la misma figura el gráfico de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno. Abajo la tabla 8.6.1 recoge algunas de las características del conjunto de zonas.

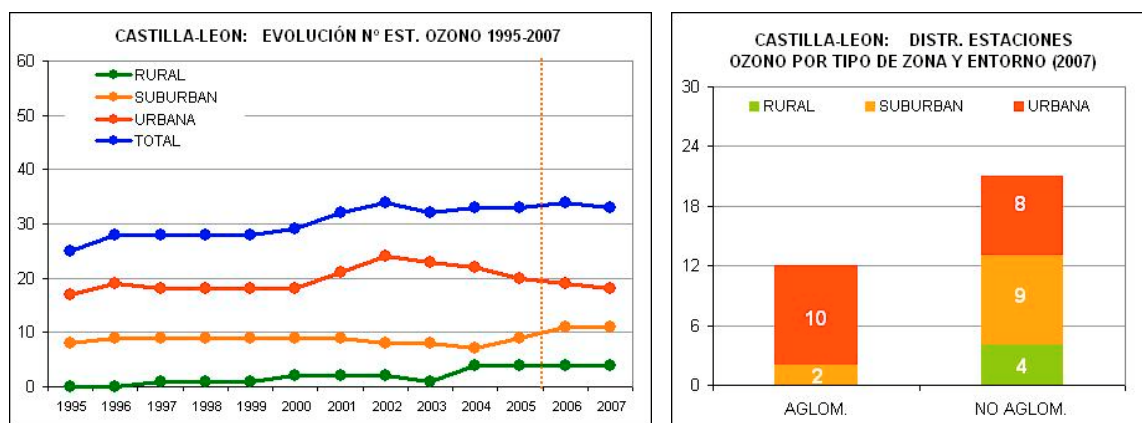


Figura 8.6.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0801	BURGOS	22.40	161,984	SÍ	--	1	--
ES0802	LEÓN Y SAN ÁNDRES DEL RABANEDO	19	163,296	SÍ	--	--	3
ES0803	SALAMANCA Y SANTA MARTA DE TORMES	19	168,341	SÍ	--	--	3
ES0804	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	47	360,000	SÍ	--	1	4
ES0805	ARANDA DE DUERO	8.30	29,641	NO	--	--	1
ES0806	MIRANDA DE EBRO	5.20	35,397	NO	--	1	1
ES0807	ANLLARES	530	11,209	NO			
ES0808	PONFERRADA	10	61,469	NO	2	2	--
ES0809	LA ROBLA	2	3,862	NO	--	1	--
ES0810	VELILLA DEL RÍO CARRIÓN Y GUARDO	4	10,665	NO	1	1	1
ES0811	ÁREA DE PALENCIA	25	90,646	NO	--	3	1
ES0813	RESTO DEL TERRITORIO II	93500	1,400,000	NO	1	--	--
ES0814	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	0	0	NO	--	1	4

Tabla 8.6.1: Listado de zonas y reparto de estaciones de ozono por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie expresada en Km²)

En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas en aglomeraciones (se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano) solo Burgos lo cumple. En cualquier caso Valladolid con unos 360.000 habitantes requiere según ese mismo anexo un mínimo de 1 estación, de manera que bajo esa interpretación, con 1 estación suburbana (*Cementerio*) cumpliría la condición..

Por último, la zonificación actual de Castilla-León no está tampoco concebida para la adecuada vigilancia de los niveles de ozono. Como se aprecia claramente sobre el mapa (figura 8.6.1) su diseño ha consistido en separar en zonas diferenciadas las áreas urbanas y los puntos donde se localizan emisiones industriales importantes. Como se explica en la introducción de este documento este esquema puede resultar válido para la vigilancia de especies primarias (SO₂, CO y NO_x), con una distribución espacial que solo muestra niveles significativos en las zonas urbanas e industriales (con excepciones importantes, como el caso de áreas afectadas emisiones de chimeneas altas, habitualmente de Centrales Térmicas, que pueden dar lugar a niveles muy elevados de SO₂ a distancias de decenas de kilómetros). Pero el modelo no se adecua al seguimiento de especies secundarias como el ozono, ya que las delimitaciones así concebidas no separan situaciones diferenciadas respecto de los niveles o la dinámica del ozono.

8.6.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.6.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.6.4 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E05019001	Estacion	Ávila	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	Ávila	URBANA
E09018001	Jdns. D.Diego	Aranda de Duero	ARANDA DE DUERO	Burgos	URBANA
E09059003	Burgos1	Burgos	BURGOS	Burgos	URBANA
E09059004	Fac.Teologia	Burgos	BURGOS	Burgos	URBANA
E09059005	Plz.S. Agustin	Burgos	BURGOS	Burgos	URBANA
E09059006	Fts. Blancas	Burgos	BURGOS	Burgos	SUBURBAN
E09219001	Mda de Ebro1	Miranda de Ebro	MIRANDA DE EBRO	Burgos	SUBURBAN
E09219002	Ant. Cabezon	Miranda de Ebro	MIRANDA DE EBRO	Burgos	URBANA
E09219003	Rto. Ferial	Miranda de Ebro	MIRANDA DE EBRO	Burgos	SUBURBAN
E24027001	C.T. Compos2	Cabañas Raras	PONFERRADA	León	RURAL
E24057003	C.T. Compos1	Congosto	PONFERRADA	León	RURAL
E24089006	Barr. Pinilla	Leon	LEÓN Y SAN ÁNDRES DEL RABANEDO	León	URBANA
E24089007	Plz. Toros	Leon	LEÓN Y SAN ÁNDRES DEL RABANEDO	León	URBANA
E24089008	Catedral	Leon	LEÓN Y SAN ÁNDRES DEL RABANEDO	León	URBANA
E24089009	Barr. Palomera	Leon	LEÓN Y SAN ÁNDRES DEL RABANEDO	León	URBANA
E24115012	Est.Autobuses	Ponferrada	PONFERRADA	León	URBANA
E24115013	S. Antonio	Ponferrada	PONFERRADA	León	URBANA
E24115014	H. Sacramento	Ponferrada	PONFERRADA	León	URBANA
E24115015	Ponferrada4	Ponferrada	PONFERRADA	León	SUBURBAN
E24115016	Ponferrada5	Ponferrada	PONFERRADA	León	SUBURBAN
E24134006	Las Heras	La Robla	LA ROBLA	León	SUBURBAN
E34023002	Venta Baños	Venta de Baños	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	SUBURBAN
E34023003	CEM. Portland1	Venta de Baños	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	SUBURBAN
E34023004	CEM. Portland2	Venta de Baños	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	SUBURBAN
E34080004	Instituto	Guardo	VELILLA DEL RÍO CARRIÓN Y GUARDO	Palencia	URBANA
E34120006	Palencia	Palencia	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	URBANA
E34120007	Cp. Juventud	Palencia	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	URBANA
E34199004	Cs. Juventud	Velilla del Rio Carrion	VELILLA DEL RÍO CARRIÓN Y GUARDO	Palencia	SUBURBAN
E34214001	C.T. Guardo2	Villalba de Guardo	VELILLA DEL RÍO CARRIÓN Y GUARDO	Palencia	RURAL
E34225001	Renault4	Villamuriel de Cerrato	ÁREA DE PALENCIA	Palencia	SUBURBAN
E37274007	Pq.Jesuitas	Salamanca	SALAMANCA Y SANTA MARTA DE TORMES	Salamanca	URBANA
E37274008	Pl.Colón	Salamanca	SALAMANCA Y SANTA MARTA DE TORMES	Salamanca	URBANA
E37274009	S. José	Salamanca	SALAMANCA Y SANTA MARTA DE TORMES	Salamanca	URBANA
E37274010	Salamanca5	Salamanca	SALAMANCA Y SANTA MARTA DE TORMES	Salamanca	URBANA
E40194001	Acueducto	Segovia	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	Segovia	URBANA
E42173001	Soria	Soria	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	Soria	URBANA
E47085003	Medina	Medina del Campo	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	Valladolid	SUBURBAN
E47186015	Ladrillo	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186016	La Rubia	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186018	R. de Burgos	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	SUBURBAN
E47186019	Sta.Teresa	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186020	Vte. Mortes	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186021	Cementerio	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	SUBURBAN
E47186022	Ranault1	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	SUBURBAN
E47186025	Michelin1	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186026	Michelin2	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186029	Vega Sicilia	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E47186030	Pte. Regeral	Valladolid	VALLADOLID-LAGUNA DE DUERO	Valladolid	URBANA
E49149999	Peñausen	Peñausende	RESTO DEL TERRITORIO II	Zamora	RURAL
E49275001	Jar. Ed. Barrán	Zamora	ÁREA DE NÚCLEOS MEDIANOS	Zamora	URBANA

Tabla 8.6.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

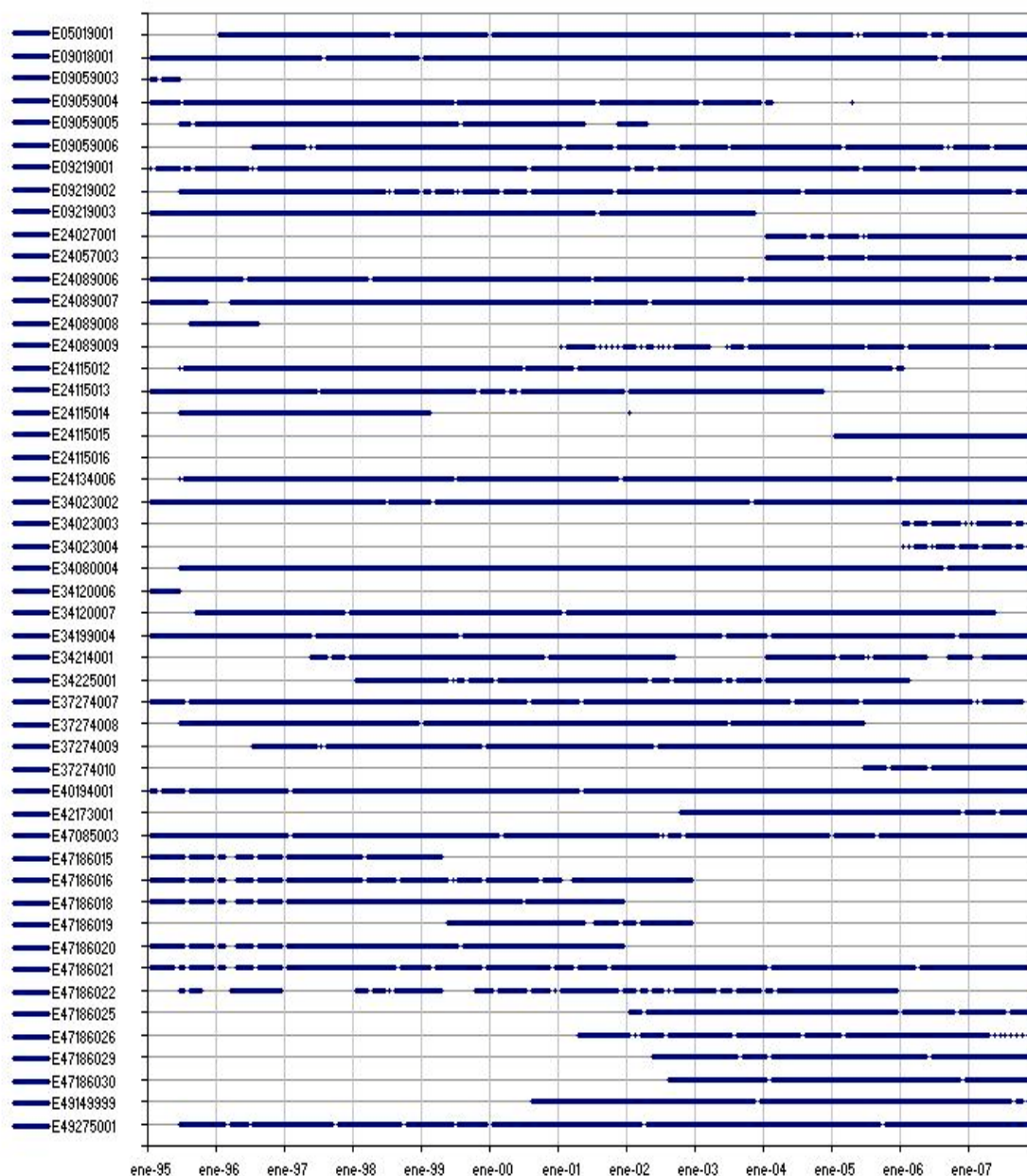


Figura 8.6.4: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Además de los huecos ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se ha invalidado el 6.98 % de los datos de ozono en el periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados 2006 y 2007 se han anulado el 1.45 % y el 5.85 % respectivamente. Los periodos más largos de datos anulados en 2006 y 2007 (superiores a un mes) corresponden a las cabinas: *Soria* entre el 18-may-06 y el 16-oct-07;

Parque Jesuitas (Salamanca) entre el 1-feb-07 y el 17-may-07, y entre el 20-jun-07 y el 29-oct-07 ; *Las Heras* entre el 26-feb-06 y el 13-jun-06; *Casa de la Juventud* (Velilla) entre el 1-ene-07 y el 9-mar-07; *Villalba* entre el 14-sep-06 y el 5-nov-06; y *Antonio Cabezón* entre el 22-jun-07 y el 2-ago-07.

• **Datos de variables meteorológicas**

En este apartado se repite la misma situación que se describió en el informe de Julio de 2007. Aunque la red de calidad del aire cuenta con un buen número de torres meteorológicas, la mayoría de ellas han sido descartadas para el análisis llevado a cabo en este estudio. Los registros de dirección de viento en unos casos están afectados por pantallas y/o canalizaciones locales (son torres que miden en su mayoría dentro de ciudades), y en otros presentan fallos técnicos, que hay que achacar a la falta del mantenimiento correcto de los sensores al menos en los últimos 4 años. Las figuras de abajo muestran ejemplos de una situación que en realidad afecta la mayor parte de las torres de la red.

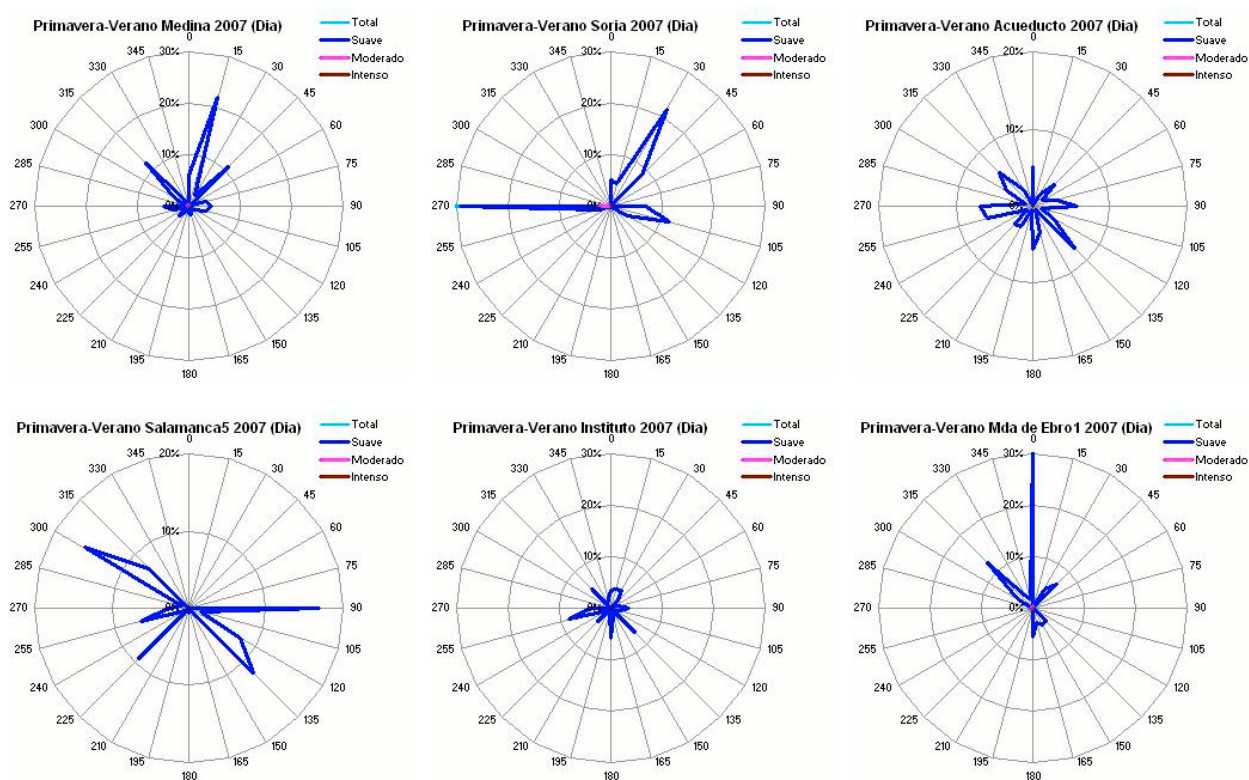


Figura 8.6.5: (Arriba) Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en varias torres de la red de calidad del re de Castilla-León. Todas revelan problemas técnicos en los sensores de medida por falta de mantenimiento adecuado.

Debido a la imposibilidad de ampliar la validación de los datos a las variables distintas del ozono (el tiempo que esto requiere lo ha hecho inviable dentro de los plazos de este estudio), el análisis se ha reducido a los datos unas pocas torres. Esta falta de información meteorológica se ha podido compensar en parte con los datos de las torres de AEMET proporcionadas por el ministerio para este estudio (figura 8.6.6). Estos datos son fundamentalmente de los años 2005 y 2006, y en algunos puntos también de 2003, 2004 y 2007.

Como consecuencia se pierde por un lado la valiosa coincidencia del punto de medida para ozono y para variables meteorológicas, y por otro, al disponer únicamente de un año, se pierde en gran medida la representatividad estadística. En cualquier caso las medidas disponibles han permitido la caracterización de los aspectos más relevantes de la dinámica del ozono en este territorio.



Figura 8.6.6: Red de torres de AEMET disponibles en Castilla-León

8.6.3. Dinámica del ozono en Castilla-León.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Castilla-León. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El territorio de Castilla-León (meseta septentrional) se configura como una gran extensión prácticamente plana rodeada en casi todo su perímetro por cordilleras montañosas de altura considerable. Los Montes de León y Cordillera Cantábrica definen sus límites por el norte,

el Sistema Ibérico por el Este, y el Sistema Central por el Sur. Solo al oeste en la frontera con Portugal se conserva la continuidad en el terreno.

Esta orografía favorece el tránsito de los vientos que penetran desde el Atlántico a través de Portugal, y por el contrario impide o reduce mucho la posibilidad de circulaciones hacia y desde el Cantábrico y la meseta meridional. En particular la barrera orográfica que supone el Sistema Central le aísla de la influencia del gran foco de emisiones de precursores que es Madrid, al menos en cuanto al transporte directo de estas emisiones a nivel de superficie.

En Primavera y Verano sobre la mayor parte de la meseta se registran vientos en el eje SO-NE, preferentemente del SO, pero también a menudo en sentido contrario, del NE (figura 8.6.7). Solo en los puntos de la periferia los vientos se desvían a causa del forzamiento orográfico, y se disponen en la dirección que marcan las laderas montañosas. Esto supone que en la franja norte del territorio, influenciada por el calentamiento de las laderas orientadas al sur de la cordillera cantábrica, el viento dominante es de componente sur. En la franja sur, ocurre al contrario debido al mismo efecto de las laderas orientadas al norte y Noroeste del sistema central, con vientos de componente Norte y Noroeste (figura 8.6.8).

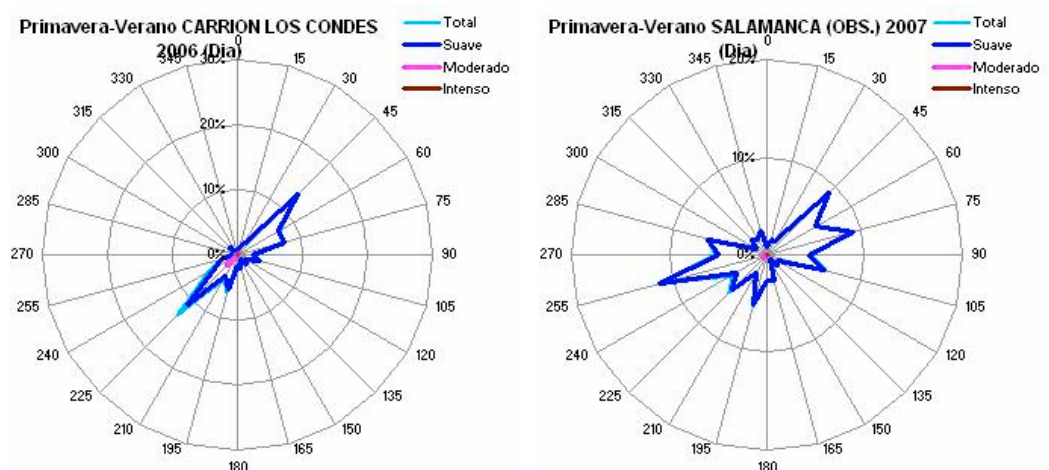


Figura 8.6.7: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en 2 puntos de la meseta. Las circulaciones son siempre en el eje OSO-ENE.. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s.

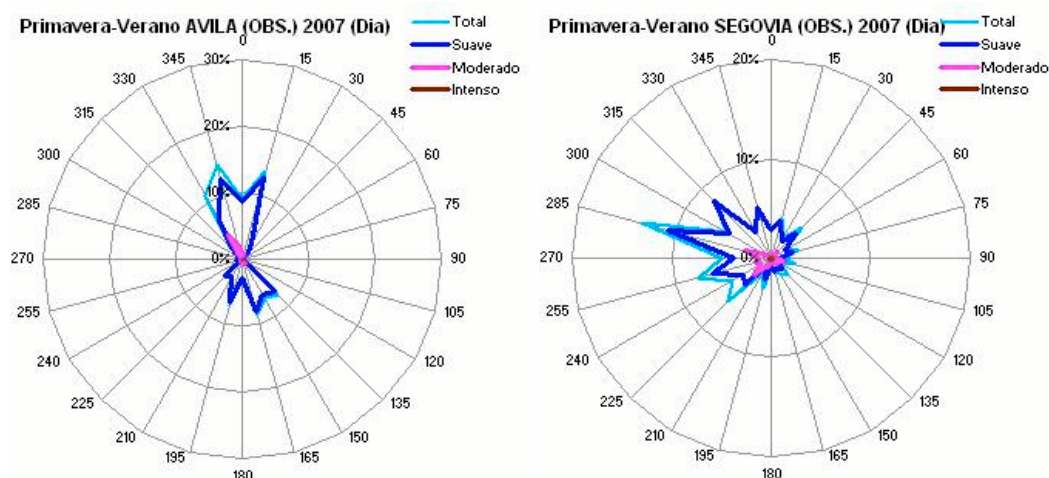


Figura 8.6.8: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en Avila y Segovia. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s.

Puntualmente al Este, en el límite de Burgos con Alava, el relieve del Sistema Ibérico se suaviza ligeramente, y ofrece la posibilidad de paso a circulaciones de componente Este (ver rosa de vientos de Beldorado en la figura de abajo). Probablemente la misma situación ocurre en el límite de Soria con Zaragoza, entre Almazán y Ariza.

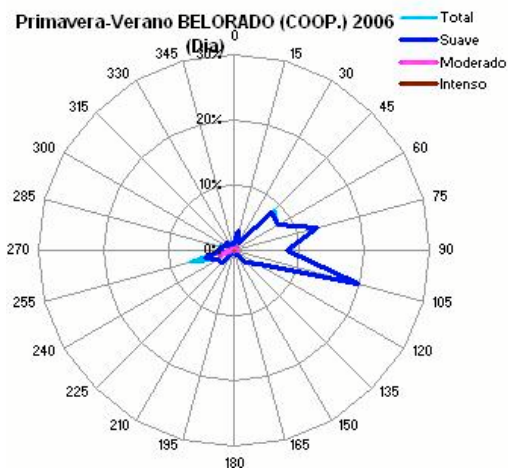


Figura 8.6.9: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en Beldorado (Burgos). . **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s.

El viento del SO que afecta a la mayor parte del territorio se registra bajo dos situaciones meteorológicas muy diferentes: la entrada ocasional de frentes asociados a bajas presiones desde atlántico, con viento que puede variar entre SO y NO (mapa (a) de la figura 8.6.10), y ii) vientos del SO cuando se desarrollan las circulaciones de mesoescala en ausencia de gradiente sinóptico y fuerte insolación, siendo esta situación más frecuente que la anterior.

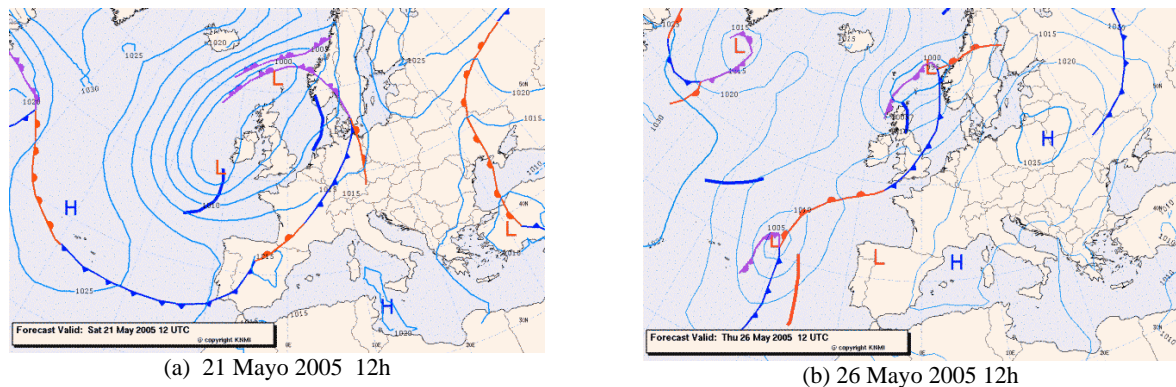


Figura 8.6.10: Mapas de presión a las 12 h a nivel de superficie correspondientes a las tres situaciones típicas de primavera y verano sobre la meseta septentrional.

La segunda de las situaciones son resultado de la combinación del forzamiento orográfico, por el calentamiento de las laderas de los sistemas montañosos del contorno, y de la subsidencia compensatoria sobre el centro de la meseta, que desplaza el aire de la superficie. En este caso los mapas de presión a nivel de superficie muestran a menudo el desarrollo de la Baja Térmica Ibérica, (ver mapa (b) de la misma figura).

En cuanto al viento del NE está asociado al forzamiento sinóptico del anticiclón de las Azores extendido en forma de cuña hacia Centroeuropa. En estas ocasiones los mapas de presión a nivel de superficie muestran isobaras que siguen el contorno de la costa

Cantábrica y Atlántica de la Península (figura 8.6.11).

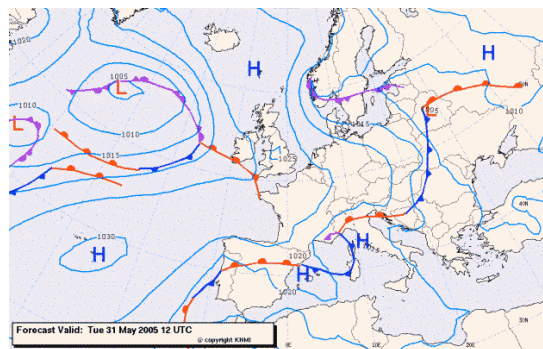


Figura 8.6.11: Mapas de presión a las 12 h a nivel de superficie correspondientes a las tres situaciones típicas de primavera y verano sobre la meseta septentrional.

(c) 31 Mayo 2005 12h

Estas tres situaciones típicas tienen efectos diferentes sobre los niveles de ozono en toda la meseta. El paso de frentes asociados a bajas presiones reduce drásticamente las concentraciones como consecuencia de la limpieza y renovación de la masa aérea. Y la advección sinóptica del NE asociada al anticiclón suele moderar los niveles, aunque estos pueden ser significativos dependiendo de la situación en los días previos, y además pueden incluir una componente de transporte desde el País Vasco y probablemente también desde Centroeuropa. Los niveles elevados de ozono sobre Castilla León, y sobre la mayor parte de la península, están asociados fundamentalmente al tercer caso, el desarrollo de las circulaciones de mesoescala.

Las simulaciones numéricas presentadas en el Capítulo 6 para la Península Ibérica en general, y para la meseta septentrional en particular bajo estas condiciones meteorológicas ayudan a documentar estas situaciones. De forma resumida, las circulaciones de mesoescala se configuran en forma de vientos suaves de componente SO sobre el centro de la meseta a partir de mediodía. En el norte el viento gira a componente Sur debido al forzamiento orográfico de la Cordillera Cantábrica, sobre la que se forma una línea de convergencia con las brisas costeras, y en el sur gira a componente N y NO (ver rosa de vientos de Segovia en la figura 8.6.8) debido al forzamiento del Sistema Central, donde se forma otra línea de convergencia con los vientos del Sur inducidos al otro lado. Por la noche todas estas circulaciones invierten su sentido.

El resultado del desarrollo de estas circulaciones es un “estancamiento dinámico” de la masa aérea, que no es desplazada grandes distancias, sino que oscila en un área relativamente limitada (ver más adelante figura 8.6.14). Esta circunstancia, junto con la mayor incidencia de la radiación solar que tiene lugar en estas situaciones, favorece la formación y acumulación de ozono en toda la meseta.

Las rosas de ozono de la figura 8.6.12 en tres puntos de Castilla-León ilustran esta situación. En los dos emplazamientos del centro de la meseta, *Peñausende* y *Factoría Palencia*, las concentraciones por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociadas indistintamente a flujos del SO y del NE, y las concentraciones por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociadas a viento del SO (circulaciones de mesoescala). En *Fuentes Blancas*, Burgos, los niveles por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociados a entrada de vientos del E-NE desde Alava y La Rioja. Este hecho como ya se señaló anteriormente, a partir de la rosa de vientos de la torre de *Beldorado*, confirma la diferenciación de esta zona respecto a la meseta central en

relación con la dinámica del ozono. La misma situación se puede presumir en mayor o menor grado en el territorio de la provincia de Soria, aunque no se dispone de emplazamientos estratégicamente situados que permitan confirmar esta hipótesis.

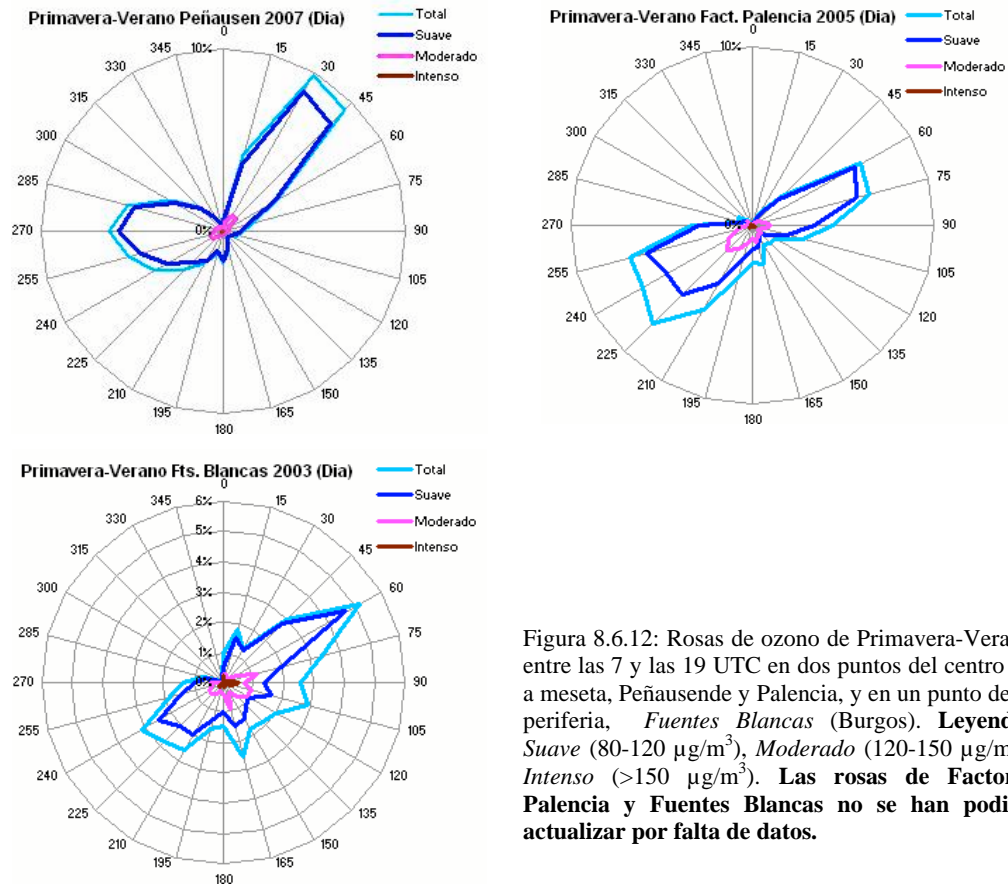


Figura 8.6.12: Rosas de ozono de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en dos puntos del centro de a meseta, Peñausende y Palencia, y en un punto de la periferia, Fuentes Blancas (Burgos). **Leyenda:** Suave ($80-120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Moderado ($120-150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Intenso ($>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las rosas de Factoría Palencia y Fuentes Blancas no se han podido actualizar por falta de datos.

El gráfico de la figura 8.6.13 muestra la evolución de las concentraciones de ozono entre el 20 de Mayo y el 4 de Junio de 2005 en la estación automática *Edificio Informático* de Valladolid. En este periodo se registraron las tres situaciones meteorológicas anteriormente comentadas (los mapas de la figura 8.6.10 y 8.6.11 corresponden a esas fechas).

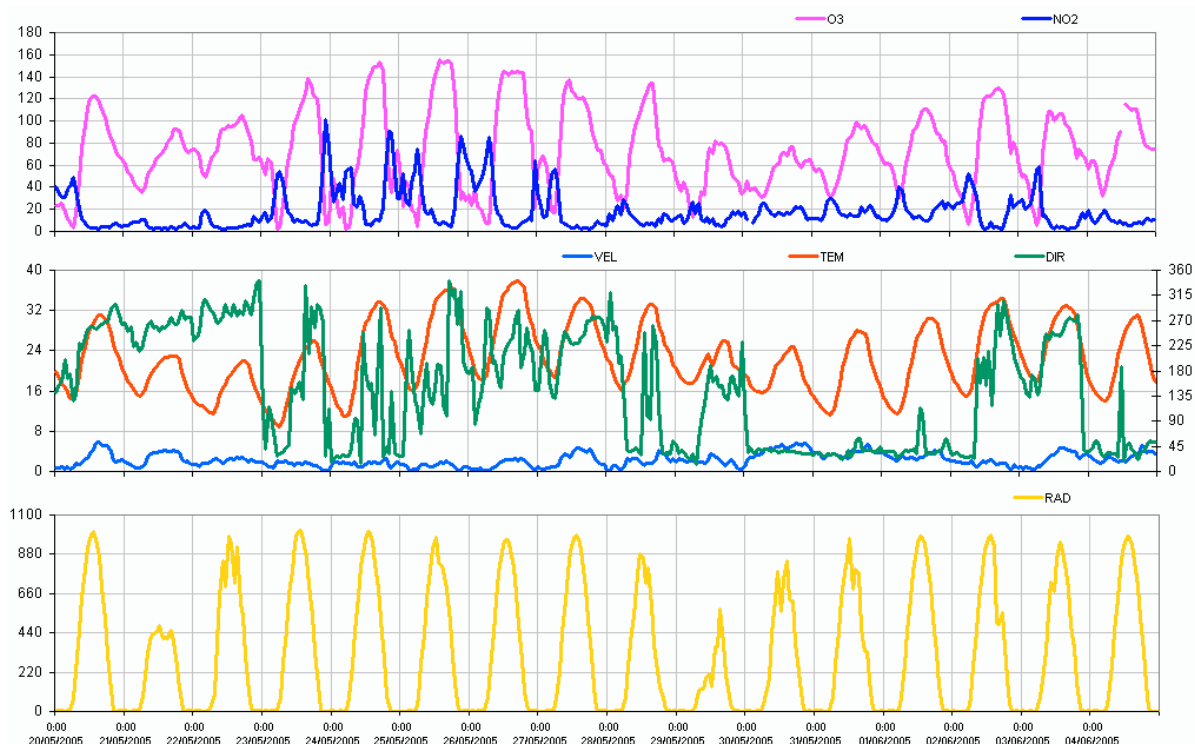


Figura 8.6.13: Evolución de los niveles de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre el 20 de Mayo y el 4 de Junio de 2005 en la cabina *Edificio Informático* de Valladolid. El paso del frente el día 21, mapa (a) de la figura 8.6.10, reduce drásticamente los niveles previos. Posteriormente entre el día 23 y el 26, mapa (b), bajo predominio de las circulaciones de mesoescala se registran las mayores concentraciones. El día 29 un segundo frente reduce de nuevo las concentraciones. Y al final del periodo entre el 30 y el 1 de Junio, mapa (c) de la figura 8.6.11, se establece la circulación sinóptica del NE y los niveles se recuperan gradualmente.

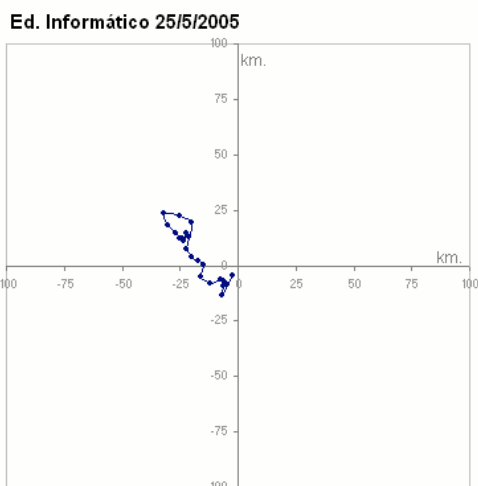


Figura 8.6.14: Seudotrajectoria del viento (ver definición en figura 7.3) el día 25/5/2005 calculada a partir de los datos de viento de la cabina de Ed. Informático.

Por último, complementariamente a los movimientos de la masa aerea en superficie, la subsidencia compensatoria sobre el centro de la meseta limita la altura de la capa de mezcla, reduciendo el volumen de dilución y contribuyendo por tanto al incremento de las concentraciones. Y además puede provocar la recirculación de ozono “inyectado” en altura en las zonas de convergencia. Este fenómeno ocurre también en otras zonas de la península con efectos similares sobre los niveles de ozono (Ver documento “*El ozono troposférico en el sur de Europa: Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos*”, que

acompaña a este informe, y ver Capítulo 6 de este informe con la explicación de los resultados de la simulación numérica de un episodio de ozono a escala peninsular).

A la vista de todo lo anterior los niveles de ozono en Castilla-León en situaciones episódicas han de ser interpretados como la suma de varios factores: 1) la formación fotoquímica a partir de las emisiones de las fuentes interiores, 2) la acumulación de concentraciones en días sucesivos en que predominan las circulaciones de mesoescala, y 3) el efecto de la subsidencia compensatoria sobre la meseta que por un lado restringe la altura de la capa de mezcla, y por otro puede dar lugar a la recirculación de estratos en altura (esta componente es difícilmente cuantificable a partir de los datos de la red. Se requiere para ello el uso de otros recursos y herramientas como la modelización fotoquímica o campañas experimentales específicamente diseñadas para este objeto). Además de estos también pueden contribuir en mayor o menor medida el aporte de concentraciones transportadas a nivel de superficie desde Portugal, y en la parte más oriental desde el País Vasco y el valle del Ebro sobre el entorno de Burgos.

Bajo situaciones no episódicas pero con niveles que pueden dar lugar a la superación de los valores objetivo de protección a la salud y la vegetación, hay que considerar también el transporte a larga distancia asociada a la circulación del NE forzada por el anticiclón extendido hacia Centroeuropa. Esta componente se registra de forma muy clara sobre la costa Cantábrica, y se puede presumir que una parte de esta masa aerea con contenido de ozono penetra también hacia el centro de la meseta.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.6.15 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados en las estaciones rurales de la red de Castilla-León.

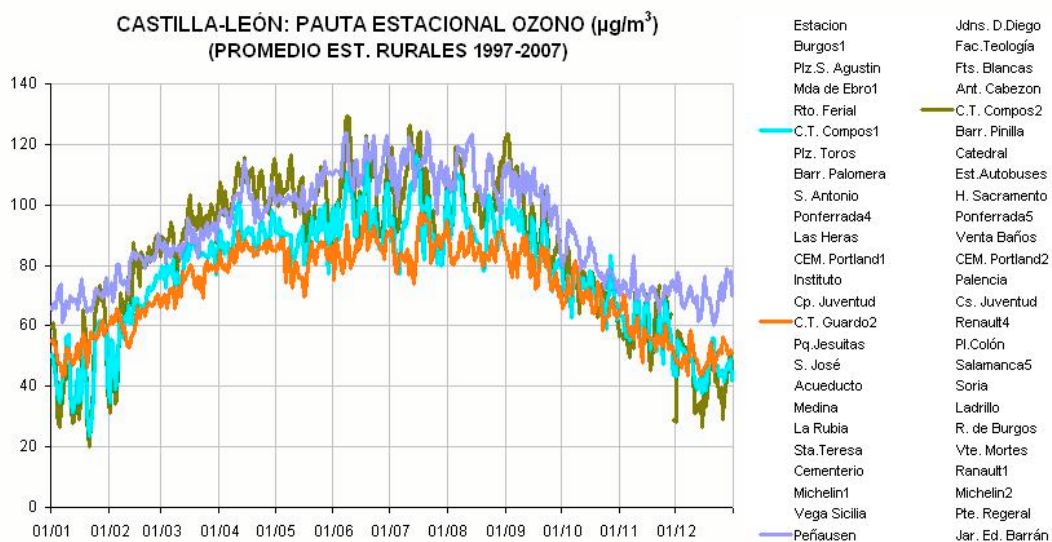


Figura 8.6.15: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Castilla-León, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación ocasional en alguna de las estaciones del valor objetivo de protección a la salud.

Las estaciones en entornos rurales son las que proporcionan un mejor conocimiento de los niveles de ozono en todo el territorio. La pauta es semejante a la registrada en la mayor

parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año.

La figura 8.6.16 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Castilla-León, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España. Las estaciones de tipo rural se sitúan en los últimos años en niveles ligeramente por debajo de las del resto de España, y las estaciones urbanas se sitúan algo por encima. Ninguna de las dos series urbanas y suburbanas, que abarcan el periodo completo, muestra tendencias claras. Aunque las tres series, en consonancia con la situación que se aprecia en el gráfico de la derecha, indican una tendencia decreciente, al menos entre 2005 y 2007, cuya consolidación futura es de momento difícil de valorar.

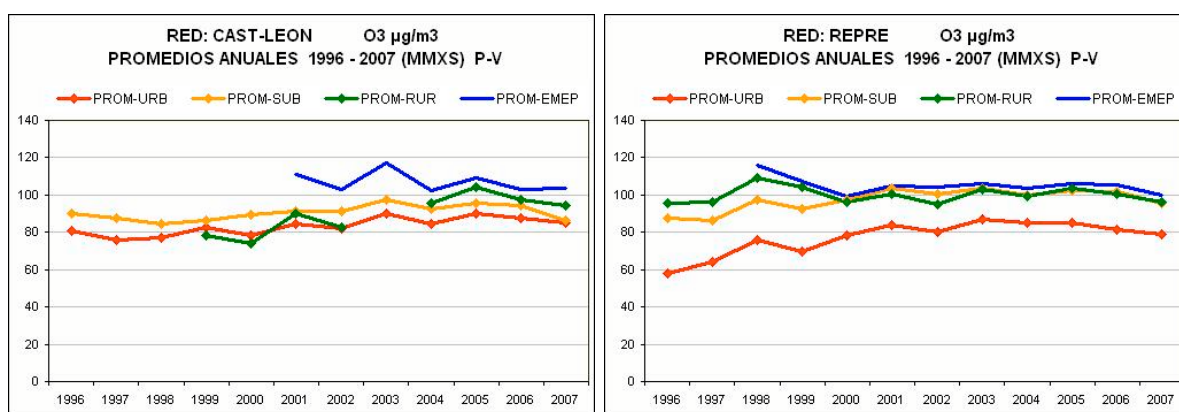


Figura 8.6.16: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Castilla-León. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.6.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio la red de Castilla-León mantiene la misma configuración respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007. En consecuencia no hay cambios importantes en el diagnóstico elaborado a partir del análisis de sus datos, ni en las propuestas de optimización que entonces se hicieron.

El ejercicio de simulación numérica llevado a cabo en esta región (ver apartado 6.3), ha permitido confirmar la influencia en toda la meseta septentrional de la recirculación vertical de la masa aerea bajo determinadas condiciones meteorológicas (en particular se ha analizado en dicho ejercicio la dinámica de transporte que siguen las emisiones de la ciudad de Valladolid). Pero el conocimiento de los niveles de concentración, y de los gradientes que estos puedan mostrar, en tan gran extensión de territorio, requiere la disponibilidad de medidas complementarias a la red actual.

Como ya se explico en el informe de Julio de 2007, la homogeneidad del terreno y de las circulaciones de viento en esta región (excepto en todo el perímetro, donde los vientos, como se ha visto, estan dirigidos por la orografía), junto con la dispersión de los focos de emisión por todo el territorio, hace que la meseta se comporte en realidad como una gran cuenca aérea. Esta circunstancia hace muy difícil delimitar zonas de calidad del aire a

partir del análisis de los datos disponibles, con todas las limitaciones de la red explicadas al principio.

En base a todo lo expuesto se siguen proponiendo los mismos 8 puntos de medida complementarios a la red de calidad del aire de Castilla-León, y se proponen igualmente modificaciones al mapa de zonificación, que varían ligeramente respecto a las propuesta anterior. La diferencias estan más motivadas por razones orográficas que por indicios que sugieran los datos, puesto que no se dispone realmente de estaciones estratégicamente situadas para apoyar estas propuestas.

La zonificación propuesta delimita 4 zonas diferenciadas en los contornos de la meseta, y deja una quinta gran zona en la parte central. En esta parte central de la meseta no se dispone tampoco de estaciones estratégicamente situadas que puedan ayudar a determinar con algún grado de confianza los gradientes que puedan existir. Por otra parte, desde el punto de vista del ozono, no se considera que las actuales pequeñas zonas de tipo no aglomeración requieran delimitarse por separado, y se integran en esta propuesta dentro de las zonas correspondientes. En cualquier caso **por todas las razones comentadas las modificaciones siguen teniendo carácter preliminar y los límites propuestos son solo orientativos.**



Figura 8.6.17: Propuestas de nuevos emplazamientos de la red y de modificación de la zonificación en Castilla-León

El par de emplazamientos (1) se propone para analizar el alcance de la influencia de la pluma de Valladolid en el eje habitual de transporte. En principio se espera que esta influencia será más significativa en el punto del noreste (en el entorno de Villafuerte), y menos en el segundo (entorno de Pollos). El análisis conjunto de ambas series de datos, junto con los de la estación de *Medina* permitirá acotar el área de mayor influencia de Valladolid. Y la comparación de estas medidas con las del resto de puntos propuestos y los

ya operativos, permitirá plantear la conveniencia o no de separar este área en una zona diferenciada.

Con el par de emplazamientos (2), en los entornos de Bribiesca y Gómará, se pretende confirmar la influencia de aportes “externos” desde comunidades vecinas. En base a estos datos se confirmará la diferenciación de las dos zonas delimitadas al este

El par de puntos (3) se sitúa en los entornos de Villada y Fontiveros, aproximadamente centrados en la mitad norte y la mitad sur de la meseta, y fuera de la influencia directa de emisiones identificables. Junto con la estación de Peñausende proporcionarán concentraciones de referencia. La comparación de estos datos con los del resto de emplazamientos permitirá un mejor análisis de los posibles gradientes en todo el territorio.

El punto (4) en el entorno de Carbajal de Rueda permitirá mejorar el análisis de la concentraciones en la franja cantábrica en un punto no sometido a la influencia de las emisiones industriales de la Robla y Velilla. La comparación con los registros de las estaciones de Ponferrada servirá además para valorar el gradiente de ozono a lo largo de toda la franja.

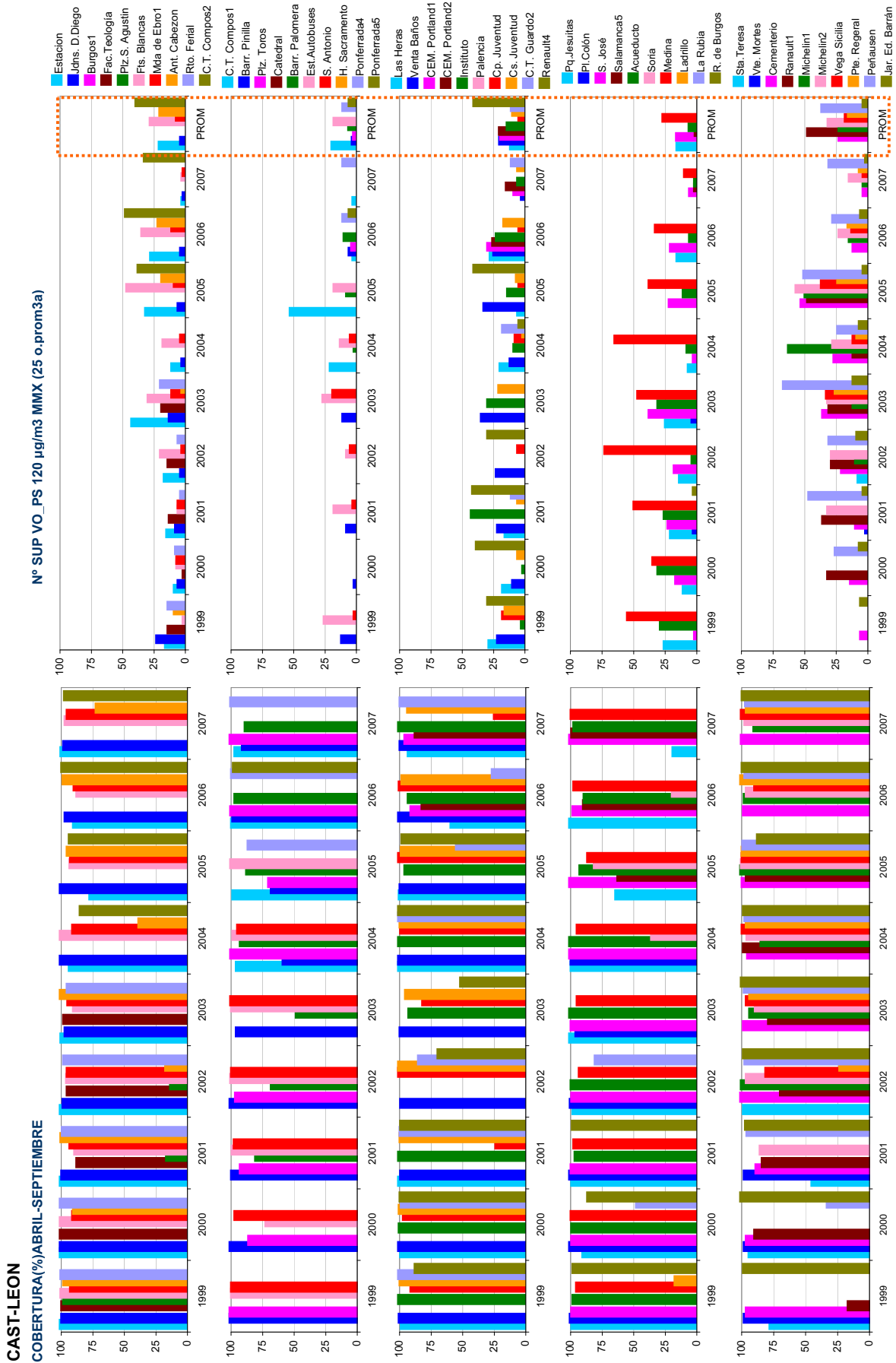
Por último el punto (5) en el extremo suroeste pretende analizar la influencia del transporte de concentraciones desde Portugal bajo predominio de las circulaciones de mesoescala.

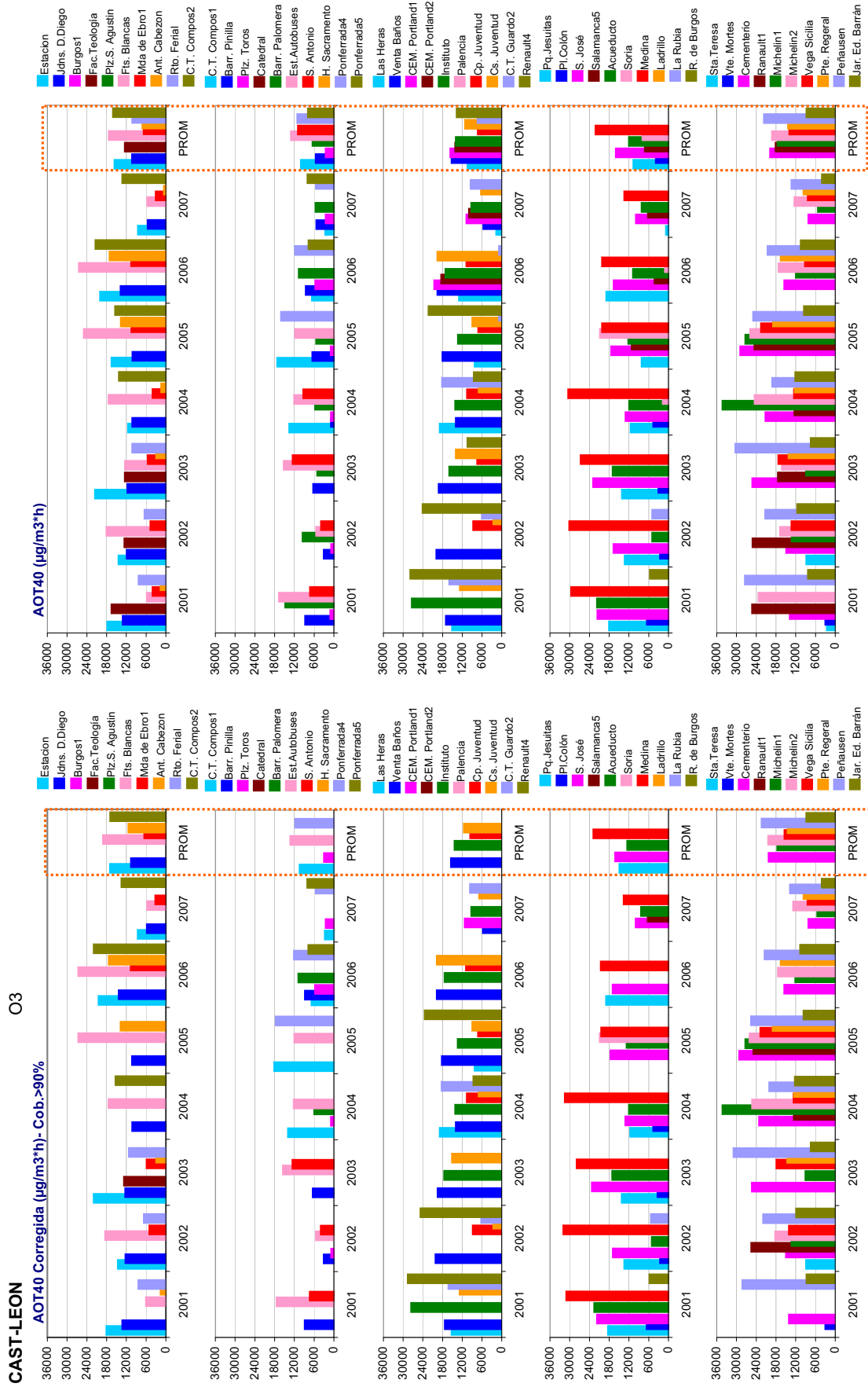
Los puntos se agrupan en tres parejas, más un punto al Norte cercano a la cordillera cantábrica, y otro más pegado a la frontera con Portugal en el extremo sur. Este conjunto de emplazamientos están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con dos unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y torre meteorológica, y registrando datos de forma simultánea en los puntos emparejados. A partir de los resultados de esta campaña se seleccionarían los puntos más adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación. Se requiere en cada punto entre uno y dos meses de medidas, de forma continuada o en dos periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre. En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...).

Por último, la posible implementación en el futuro de estas propuestas de optimización supone la ampliación de la red con nuevos puntos de medida. Para ello, en el caso de esta red, en la que como se ha visto existen dos áreas (Ponferrada y Anllares) con gran densidad de estaciones automáticas pertenecientes a redes privadas, se podría valorar la conveniencia de buscar una fórmula para integrar estas redes privadas con la red regional. Las cabinas redundantes que sin duda hay en estas zonas servirían para optimizar la red, mejorando la vigilancia del ozono troposférico sin costes añadidos.

8.6.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Castilla-León las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.





8.7. Optimización de la red de calidad del aire de Cataluña.

8.7.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Cataluña cuenta en el año 2007 con 71 estaciones automáticas de vigilancia de la calidad del aire. De ellas 53 están dotadas con monitor para la medida de ozono. Este conjunto se distribuye en 17 Rurales, 21 Suburbanas y 15 Urbanas. Desde el análisis presentado en el informe de Julio de 2007, en base a los datos disponibles entonces hasta 2005, la red de ozono ha modificado ligeramente su configuración con algunos cambios. Se han dado de baja las estaciones de Alcover y Sta. Perpetua, y se han dado de alta las estaciones de Mataró (Molins), Mollet, Vilafranca, Mestral, Guiamets, R4-Vandellós, Sta. Perpetua de Mogoda y Berga.



Figura 8.7.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Cataluña en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

El mapa de zonificación divide el territorio en las 15 zonas que se listan en la tabla 8.7.1., siendo dos de ellas de tipo “aglomeración”: *Valles-Baix Llobregat* y *Área de Barcelona*, donde se concentra aproximadamente el 60% de la población de Cataluña. Su diseño responde, con buen criterio, a la orografía compleja de esta región, que como se explica en el apartado 8.7.3, influye de forma decisiva sobre la configuración de las circulaciones de viento dominantes, y por tanto sobre el transporte de contaminantes y el patrón espacial de ozono en el territorio.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0901	ÁREA DE BARCELONA	340.82	2,817,330	SÍ	--	4	7
ES0902	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	1,177.04	1,302,372	SÍ	--	7	3
ES0903	PENEDÈS - GARRAF	1,418.41	413,975	NO	--	1	1
ES0904	CAMP DE TARRAGONA	993.54	393,888	NO	1	3	1
ES0905	CATALUNYA CENTRAL	2764	269,283	NO	--	1	1
ES0906	PLANA DE VIC	806.23	138,036	NO	1	2	--
ES0907	MARESME	500.79	485,086	NO	--	--	1
ES0908	COMARQUES DE GIRONA	3,671.89	368,073	NO	3	1	--
ES0909	EMPORDÀ	1,345.83	237,659	NO	2	--	--
ES0910	ALT LLOBREGAT	2,089.96	63,632	NO	--	1	--
ES0911	PIRINEU ORIENTAL	2,793.54	62,192	NO	2	--	--
ES0912	PIRINEU OCCIDENTAL	2,917.88	25,349	NO	1	--	--
ES0913	PREPIRINEU	2,413.75	21,649	NO	1	--	--
ES0914	TERRES DE PONENT	4,710.14	339,765	NO	2	--	1
ES0915	TERRES DE L'EBRE	3,951.43	193,326	NO	4	1	--

Tabla 8.7.1: Listado de zonas y estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie en Km²)

Por su parte la red ofrece una buena cobertura espacial para la evaluación de los niveles de ozono, ya que abarca todo el territorio, y permite registrar la evolución de los niveles en todas las situaciones y en toda la geografía. Los nuevos puntos de medida de *Berga* y *Vilafranca* vienen a rellenar sendos huecos que anteriormente presentaba la red, y mejoran la vigilancia de la concentraciones de ozono en sus respectivas zonas, *Alt Llobregat* y *Penedés-Garraf*. En el primer caso se trata de un nuevo punto de medida en una zona donde no se disponía hasta el momento de estaciones de ozono. Los datos registrados en *Berga*, con 26 superaciones del VOLP en 2007, permiten evaluar esta zona por encima del Valor Objetivo. Esta situación era absolutamente previsible, y además obliga a la existencia al menos un punto fijo de medida en esta zona. En cuanto a *Vilafranca*, con *Vilanova* eleva a dos el número de estaciones operativas en la zona *Penedés-Garraf*, que es precisamente el mínimo exigido por la legislación, al hallarse en el intervalo de 250.000 a 500.000 habitantes. No se satisface sin embargo el requisito de que estas sean de tipo rural o suburbano, pues *Vilanova* es una estación urbana. En cualquier caso la representatividad de las medidas con la nueva estación de Vilafranca mejoran notablemente la vigilancia de la zona, con diferencias significativas entre ambos emplazamientos: 24 y 12 superaciones del VOLP, y 17.634 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 13713 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de AOT40 respectivamente.

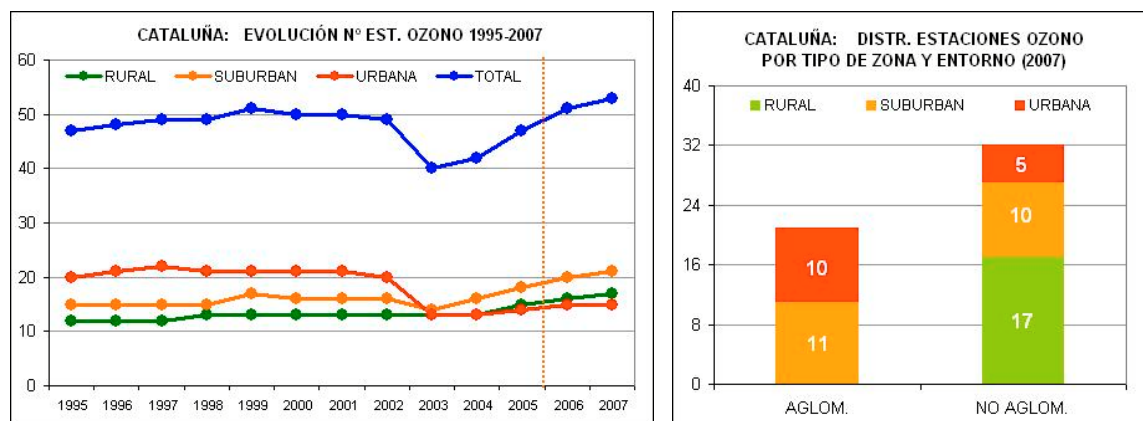


Figura 8.7.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.7.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana,

Rural). Como puede apreciarse después de una reducción de las cabinas disponibles en 2003, la red no ha dejado de completarse con nuevas estaciones de los tres tipos Urbanas, Suburbanas y Rurales (de hecho es la red con mayor número de estaciones de ozono). En la misma figura el gráfico de la derecha muestra la distribución de estas por tipo de zona (aglomeración - no aglomeración) y de entorno. En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas en aglomeraciones (se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano) ambas aglomeraciones lo cumplen.

Además de las estaciones en las cuales se mide ozono, existen 18 puntos más de la red donde no se mide este contaminante, que se muestran en el mapa de la figura 8.7.3.



Figura 8.7.3: Estaciones de la red de Cataluña que no disponen de monitor para la medida de ozono.

8.7.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.7.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.7.4 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis. En concreto en esta red se han invalidado el 1.98 % de los datos en el periodo 1996-2007. En los dos últimos años de datos procesados 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 0.28 % y el 0.03 %. Estas cifras dan idea de la gran calidad de los datos aportados por una red que es además muy numerosa en estaciones.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E08015001	Badalona	Badalona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019003	L1-S. Gervasi	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019004	Poble Nou	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019039	Sagrera	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019043	Eixample	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019044	Gr-S.Gervasi	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019049	Escullera	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	SUBURBAN
E08019050	II-Ciutadela	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08019054	Vall d'Hebron	Barcelona	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08022006	Berga-Poli	Berga	ALT LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08089003	Pq. Mil-ieni	Gavà	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	SUBURBAN
E08089004	Gavà?	Gavà	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	SUBURBAN
E08096010	E6-Granollers	Granollers	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08096011	B1-Granollers	Granollers	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08101001	Hospitalet	Hospitalet de Llobregat (L')	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08102005	Igualada	Igualada	CATALUNYA CENTRAL	Barcelona	SUBURBAN
E08112003	Manlleu	Manlleu	PLANA DE VIC	Barcelona	SUBURBAN
E08113007	Manresa	Manresa	CATALUNYA CENTRAL	Barcelona	URBANA
E08114006	Martorel	Martorell	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08121007	Mataro	Mataro	MARESME	Barcelona	URBANA
E08121013	Mataró (Molins)	Mataró	MARESME	Barcelona	URBANA
E08124005	Mollet	Mollet del Vallès	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08124009	Mollet (Poli)	Mollet del Vallès	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08125002	Montcada	Montcada i Reixac	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08184006	Bf-Rubi	Rubi	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08187010	E5-Sabadell	Sabadell	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08187012	AD-Sabadell	Sabadell	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08194008	S.Adrià	St.Adrià de Besòs	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	SUBURBAN
E08196001	Esc.Josep Pla	St.Andreu de la Barca	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08202001	S.Celoni	S.Celoni	COMARQUES DE GIRONA	Barcelona	SUBURBAN
E08205002	S.Cugat	St.Cugat del Vallès	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08245012	II-TorreBall.	Sta.Coloma de Gramenet	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	URBANA
E08259002	AR-Palautor.	Sta.Maria de Palautordera	COMARQUES DE GIRONA	Barcelona	RURAL
E08260009	Sta.Perpetua	Sta.Perpètua de Mogoda	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08260010	Sta.Ptua. Mogoda	Sta.Ptua. Mogoda	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	SUBURBAN
E08263001	S.Vicent	St.Vicenç dels Horts	ÀREA DE BARCELONA	Barcelona	SUBURBAN
E08279011	Terrassa	Terrassa	VALLÈS-BAIX LLOBREGAT	Barcelona	URBANA
E08283002	Tona	Tona	PLANA DE VIC	Barcelona	RURAL
E08297001	Veciana	Veciana	CATALUNYA CENTRAL	Barcelona	RURAL
E08298007	E3-Vic	Vic	PLANA DE VIC	Barcelona	URBANA
E08298008	BD-Vic	Vic	PLANA DE VIC	Barcelona	SUBURBAN
E08305005	Vilafranca	Vilafranca del Penedès	PENEDÈS - GARRAF	Barcelona	URBANA
E08305006	Vilafranca(F.)	Vilafranca del Penedès	PENEDÈS - GARRAF	Barcelona	SUBURBAN
E08307012	Vilanova	Vilanova i la Geltru	PENEDÈS - GARRAF	Barcelona	URBANA
E17001002	Agullana	Agullana	COMARQUES DE GIRONA	Girona	RURAL
E17013001	Begur	Begur	EMPORDÀ	Girona	RURAL
E17032999	Cabo Creus	Cadaques	EMPORDÀ	Girona	RURAL
E17125001	Pardines	Pardines	PIRINEU ORIENTAL	Girona	RURAL
E17184001	Can Jorda	Sta.Pau	COMARQUES DE GIRONA	Girona	RURAL
E17186001	Sarrià	Sarrià de Ter	COMARQUES DE GIRONA	Girona	URBANA
E25051001	Bellver	Bellver de Cerdanya	PIRINEU ORIENTAL	Lleida	RURAL
E25119001	Juneda	Juneda	TERRES DE PONENT	Lleida	RURAL
E25120001	Bisbe irurita	Lleida	TERRES DE PONENT	Lleida	URBANA
E25172001	BB-Ponts	Ponts	PREPIRINEU	Lleida	RURAL
E25209001	Sort	Sort	PIRINEU OCCIDENTAL	Lleida	RURAL
E25224999	Els Torm	Els Torms	TERRES DE PONENT	Lleida	RURAL
E43005001	Alcover	Alcover	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	RURAL
E43005002	Mestral	Alcover	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	RURAL
E43014001	Amposta	Amposta	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	SUBURBAN
E43044002	La Senia	La Senia	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	SUBURBAN
E43044003	La Senia?	La Senia	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	RURAL
E43047001	Constanti	Constanti	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	SUBURBAN
E43064001	Gandesa	Gandesa	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	RURAL
E43070001	Guiamets	Guiamets (Els)	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	RURAL
E43103001	Perafort	Perafort	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	RURAL
E43123005	Reus	Reus	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	SUBURBAN
E43133999	Roquetes	Roquetes	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	RURAL
E43148002	Nu. Urb.	Tarragona	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	URBANA
E43148022	AS-Tarragona	Tarragona	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	SUBURBAN
E43148028	Be-Parc Ciutat	Tarragona	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	URBANA
E43162001	R4-Vandellòs1	Vandellòs	TERRES DE L'EBRE	Tarragona	RURAL
E43171001	Vila-seca	Vila-Seca	CAMP DE TARRAGONA	Tarragona	SUBURBAN

Tabla 8.7.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007



Figura 8.7.4: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

De la misma forma que ya se explicó en el informe de Julio de 2007, a pesar de la buena cobertura que ofrece la red se han echado en falta los datos meteorológicos asociados (excepto en los dos emplazamientos de la red EMEP, *Els Torms* y *Cabo Creus*). Suponemos que varias de las estaciones de la red cuentan con torre meteorológica, y sus datos contribuirían a mejorar la interpretación de las series de ozono y las conclusiones que se exponen en este bloque (la metodología aplicada en este estudio comienza precisamente con el análisis previo de los datos meteorológicos).

Esta parte fundamental de la base de datos se ha podido suplir parcialmente con datos de torres del AEMET suministrados por el Ministerio de Medio Ambiente, aunque solo para los años 2005 y 2006, y en muy escasos puntos también para el 2003, 2004 y 2007 (figura 8.7.4). Aunque se pierde en gran medida la representatividad estadística al disponer únicamente de un año, y también la valiosa coincidencia del punto de medida para ozono y para variables meteorológicas, sí se ha conseguido la identificación de los rasgos más característicos de la dinámica de contaminantes.



Figura 8.7.4: Red de torres de AEMET disponibles en Cataluña.

8.7.3. Dinámica del ozono en Cataluña.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Cataluña. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El **relieve** de Cataluña está básicamente marcado al norte por la Cordillera Pirenaica y los valles con orientación N-S de los ríos Noguera, Segre, Llobregat, y Ter en el Prepirineo. Al sur y Sur-Oeste por los territorios orientales de la depresión del Ebro, y en la franja litoral por las sierras litoral y pre-litoral. Ambas sierras discurren paralelas a la costa y en algunos puntos ofrecen pasos para las circulaciones de viento hacia el interior, como por ejemplo los cauces del Besos y Llobregat, que comunican las comarcas de Barcelona y su entorno (las que conforman las dos zonas de tipo aglomeración antes señaladas) con las comarcas del interior.

En cuanto a las **emisiones**, ambas aglomeraciones (englobando todo el tráfico urbano e interurbano por las grandes vías de comunicación, y las grandes infraestructuras instaladas: puerto, aeropuerto, centrales térmicas al norte de Barcelona, etc.), junto con el área de Tarragona (donde coinciden una población de 225.000 habitantes, sumando las de Tarragona y Reus, y el complejo petroquímico de Repsol a unos 5 km. al Norte de Tarragona), y junto a la autopista A7, que recorre toda la costa, son las fuentes principales de emisiones de contaminantes, y por tanto de los precursores de ozono. Todas estas emisiones se concentran en el litoral, y este hecho junto con la orografía condiciona decisivamente el patrón espacial de las concentraciones. Las ciudades de Gerona y Lérida son también focos a considerar aunque no de la importancia de los anteriores.

El análisis de los registros meteorológicos muestra que, en general, en las circulaciones de primavera y verano predomina la componente Sur, a excepción del área del Cabo de Creus con importante incidencia de la componente Norte o Tramontana (indicativa de transporte aéreo desde el sur de Francia), y que los vientos se canalizan a través de los cauces naturales que marca la orografía con diferencias significativas entre la mitad oriental y la occidental. Pero se pueden establecer diferencias entre la parte oriental, influenciada por las circulaciones de brisa, y la parte occidental y meridional, más influenciada por las circulaciones de la depresión del Ebro al sur, y por las canalizaciones de los grandes valles del Noguera y Segre de orientación N-S al norte.

a) En la **mitad oriental** las circulaciones se configuran como combinación de las brisas costeras con los vientos anabáticos (brisas de valle) inducidos por la orografía del Pirineo y Prepirineo, que canaliza los vientos hacia el Norte. Esta canalización es identificable a partir de los registros de las redes de calidad del aire y de las torres de AEMET, en los dos ejes que definen las cuencas del Llobregat (figura 8.7.5), y la cuenca del Besos-Ter (no se dispone de datos meteorológicos en este segundo eje, pero los datos de ozono en la Plana de Vic revelan el transporte de la masa aérea por esta ruta). Tomando el origen en la costa ambos ejes arrancan en la misma ciudad de Barcelona, penetran en la zona del Vallés, y se prolongan hacia el norte hasta el Pirineo. El primero a través de las zonas Cataluña Central y Alt Llobregat (eje San Feliu de Llobregat - Manresa - Berga), y el segundo a través de la Plana de Vic (eje Barcelona - Granollers - Vic - Ripoll). El transporte a través de estas rutas de las emisiones de *Barcelona y Vallés-Baix Llobregat* puede alcanzar la zona *Pirineo Oriental* tal como sugieren los registros de ozono de las estaciones de Vic y Can Jorda (ver figura 8.7.7).

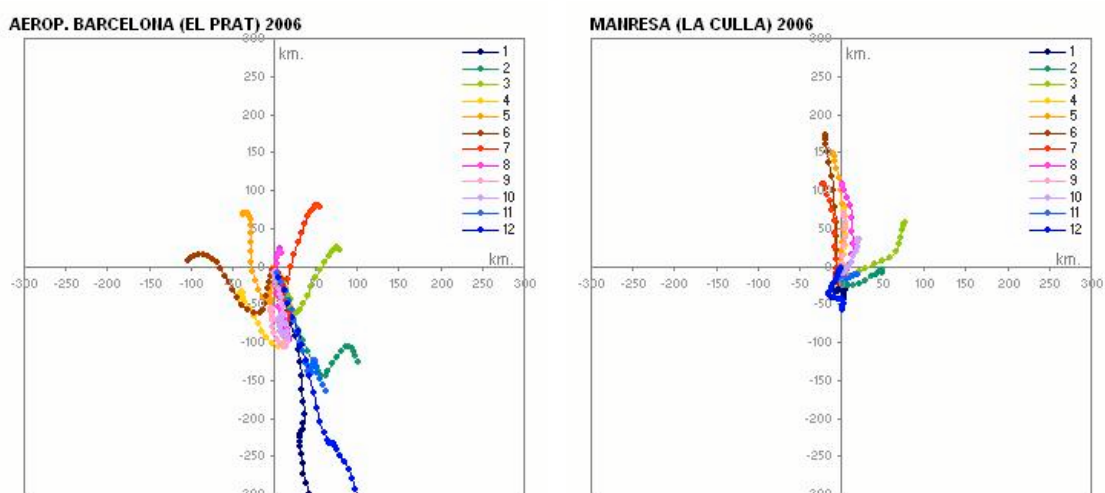


Figura 8.7.5: Composiciones para cada mes de los 24 vectores diarios de viento promediados (seudo-trayectoria mensual promedio, ver definición en figura 7.2). Muestran la canalización durante el día a través de la cuenca del Llobregat entre la costa y el interior norte en los meses de primavera y verano (en invierno predomina la componente N). En El Prat el giro de la brisa se produce entre las 8 y las 9 GMT (después de la hora punta de tráfico), y a partir de ese momento el transporte de la masa aérea es hacia el norte con continuidad por Manresa y también por la Plana de Vic (en Manresa el drenaje nocturno hacia el mar esta obstaculizado por la barrera montañosa y se registran calmas a esas horas).

El transporte de la masa aérea desde Barcelona tiene además una tercera alternativa hacia el Norte pero más oriental y paralela a la costa, siguiendo la canalización del valle entre el Montseny y Montnegre (por donde pasa la A7), para penetrar hacia el área de Gerona. Los datos de viento de las torres meteorológicas disponibles en el área de Barcelona y en la ciudad de Gerona (figura 8.7.6), filtrados para las fechas donde se superan los $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en la estación de *Palautordera* (23 días distribuidos entre Abril y Agosto en 2005), a mitad de camino de esta línea de transporte, muestran en Barcelona la brisa diurna forzada hacia el NE, y en Gerona un reforzamiento de la habitual componente S. Este hecho sugiere la continuidad de la masa aérea a través de esta ruta bajo determinadas condiciones meteorológicas.

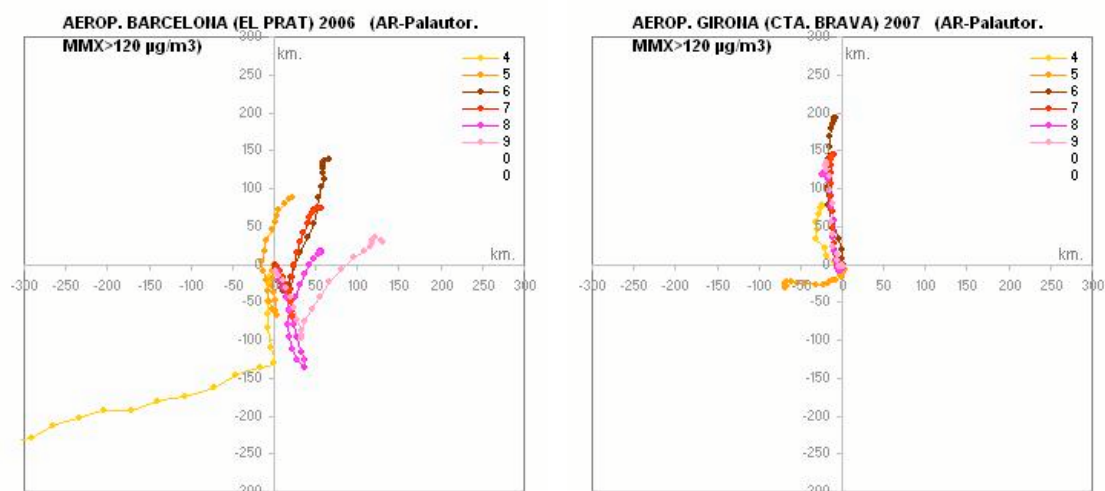


Figura 8.7.6: Composiciones mensuales de los 24 vectores diarios de viento promedio (seudo-trayectoria mensual promedio) filtradas para las situaciones de transporte alternativo por la costa. Obtenidos a partir de las fechas que registran superación del valor objetivo de protección a la salud en la estación de Palautordera .

Probablemente, debido a la gran extensión que ocupan los focos de emisión en el *Área de Barcelona* y el *Valles- Baix Llobregat*, las emisiones desde diferentes puntos dentro de estas zonas puede canalizarse simultáneamente por la tres rutas de transporte señaladas, aunque las condiciones meteorológicas pueden forzar la preferencia de una-s sobre otras.

Este patrón de transporte se traduce en una importante frecuencia de días con superación del Valor Objetivo de protección a la salud, y en ocasiones del Umbral de Información, en las zonas *Plana de Vic* (estaciones *BD-Vic* y *Tona*), sur de *Comarques de Girona* (*Palautordera*), y con casi toda probabilidad en las zonas *Cataluña Central* (no se dispone de una estación adecuadamente situada y representativa de los niveles de la zona. *Manresa* esta influenciada por las emisiones urbanas e *Igualada* queda relativamente separada del eje de transporte), y *Alt Llobregat* (ninguna estación operativa que lo confirme). Posteriormente las circulaciones alcanzan las estaciones del *Pirineo Oriental* (*Bellver* y *Pardines*), *Norte de Comarques de Girona* (*Can Jorda* y *Agullana*), e incluso el *Emporda* (*Begur* y *Cabo Creus*), donde se observan los máximos a última hora del día.

La figura 8.7.7 ilustra esta secuencia en el transporte a partir de los perfiles diarios promedio en las estaciones mencionadas. En este caso se ha establecido un filtro para las fechas en que se registran máximos diarios por encima del Umbral de Información a la Población ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la estación de *BD-Vic*. Con este filtro se da preferencia a las situaciones de transporte por el eje *Besos-Ter*, pero el comportamiento ilustra igualmente el patrón de evolución por las rutas alternativas a ambos lados.

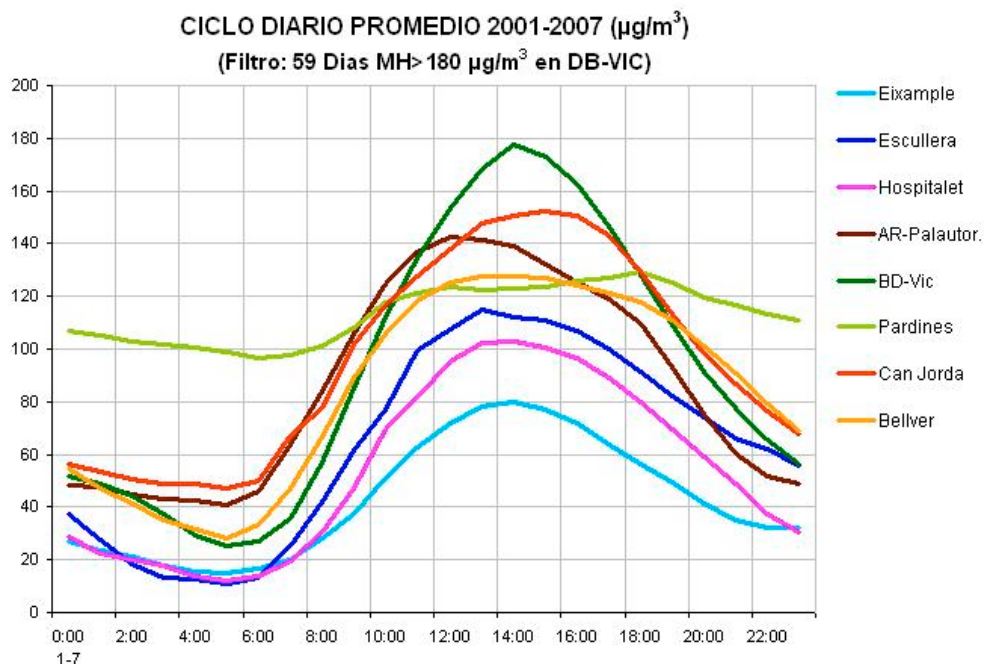


Figura 8.7.7: Perfiles diarios promedio en diferentes estaciones entre el área de Barcelona y el Pirineo oriental para días con valores horarios por encima del Umbral de Información a la Población ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la estación *BD-Vic* (59 días en el periodo 2001-2007). El gráfico muestra la secuencia de los máximos que se van retrasando progresivamente desde la costa, donde ocurren en torno a las 13-14 GMT (*Escullera*, *Hospitalet*, *AR_Palautordera*, *Eixample*), posteriormente sobre las 14 en *Vic* y a las 15 en *Can Jorda*, y finalmente a las 18 h en *Pardines* ya en el Pirineo. Este comportamiento es indicativo del transporte de la masa aérea desde la costa hasta el interior por el eje *Besos-Ter*. En estos casos la estación de *Bellver* en el Pirineo, pero más al oeste que *Pardines* no muestra el máximo a última hora, aunque se observa como se mantienen niveles casi constantes hasta las 18 h.

El gráfico muestra que los máximos absolutos se alcanzan en puntos intermedios entre la costa y Pirineos (*BD-Vic*). Y la secuencia de los máximos en Barcelona (13-14 UTC), *BD-Vic* (15 UTC) y *Pardines* (18 UTC), se debe a la progresión a lo largo de la tarde de la masa aérea entre la costa y el Pirineo. En *Pardines* se mantienen niveles elevados de ozono durante toda la segunda mitad del día (sin emisiones que lo consuman y en cotas elevadas donde es mínima la deposición por contacto con el terreno). Aunque los valores máximos en *Pardines* y *Bellver* están muy por debajo de los de *BD-Vic* o *Can Jorda*, este perfil de niveles elevados durante varias horas en el área del Pirineo se traduce en un número significativo de superaciones del Valor Objetivo de protección a la salud humana y del valor AOT40. De hecho las estaciones del Pirineos y de la Plana de Vic se encuentran entre las que superan con mayor frecuencia e intensidad ambos parámetros (ver gráficos de superaciones en el apartado 8.7.5).

Otros aspectos relevantes que muestra el gráfico son el efecto de atenuación de los niveles dentro de la ciudad (*Hospitalet* y en mayor medida *Eixample*), como consecuencia del consumo de ozono que ejercen las emisiones de tráfico sobre unas concentraciones mayores que penetran con la brisa desde el mar (registradas en *Escullera*, situada en primera línea de costa dentro del puerto de Barcelona). Y más interesante es aún el hecho de que en esta última estación se registren niveles significativos más allá del mediodía ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 18 UTC), cuando todas las emisiones locales que a primera hora se habían transportado sobre el mar han vuelto hace horas con el giro de la brisa de mar. Este hecho es indicativo de niveles de fondo que provienen del mediterráneo, cuyo origen hay que atribuirlo a la recirculación durante los días previos de las emisiones de la propia ciudad, pero también en buena parte a otras componentes difícilmente identificables, pero entre las que hay que considerar la penetración desde Europa por el sur de Francia sobre el golfo de León, y el transporte a lo largo de la costa mediterránea (ver el documento de compilación de la evidencia científica que acompaña a este documento).

b) En la **mitad occidental y área meridional**, la situación cambia porque se añade la influencia del valle del Ebro sobre toda la depresión central, donde predomina el viento de componente SO a O, y sobre la región del Delta, donde este viento compite con la circulación en sentido opuesto de la brisa. En la depresión central, zona *Terres de Ponent*, el viento del SO gira por efecto de la canalización orográfica, y se orienta en dirección N siguiendo su progresión hacia el Pirineo. En cualquier caso la brisa sigue dominando sobre la franja litoral en las zonas *Terres del Ebre*, y *Camp de Tarragona*, y en esta última zona hay que relacionar los niveles de ozono con las emisiones del área urbano-industrial de Tarragona y Reus.

En todo este territorio, la circulación se establece a menudo en base a la competencia entre la brisa y el NO que domina sobre todo el valle del Ebro (figura 8.7.8). Esto provoca que la interpretación de los registros en situaciones de niveles elevados de ozono en esta área sea a menudo más difícil de interpretar. En esta área, junto con el extremo nororiental de Gerona (*Cabo de Creus*), los procesos meteorológicos especialmente singulares requieren complementar los datos de calidad del aire con herramientas como la modelización para una mejor interpretación de la dinámica del ozono.

En cualquier caso los registros de *Els Torms* muestran valores horarios por encima de los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ únicamente para viento del SSE, y complementariamente la composición de vectores en *Reus*, filtrada para niveles por encima de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en *Els Torms*, muestra trayectorias hacia el NO, todo esto relaciona los niveles elevados en el interior de

Tarragona y sur de Lérida con el transporte desde el área de Reus-Tarragona (figura 8.7.10)

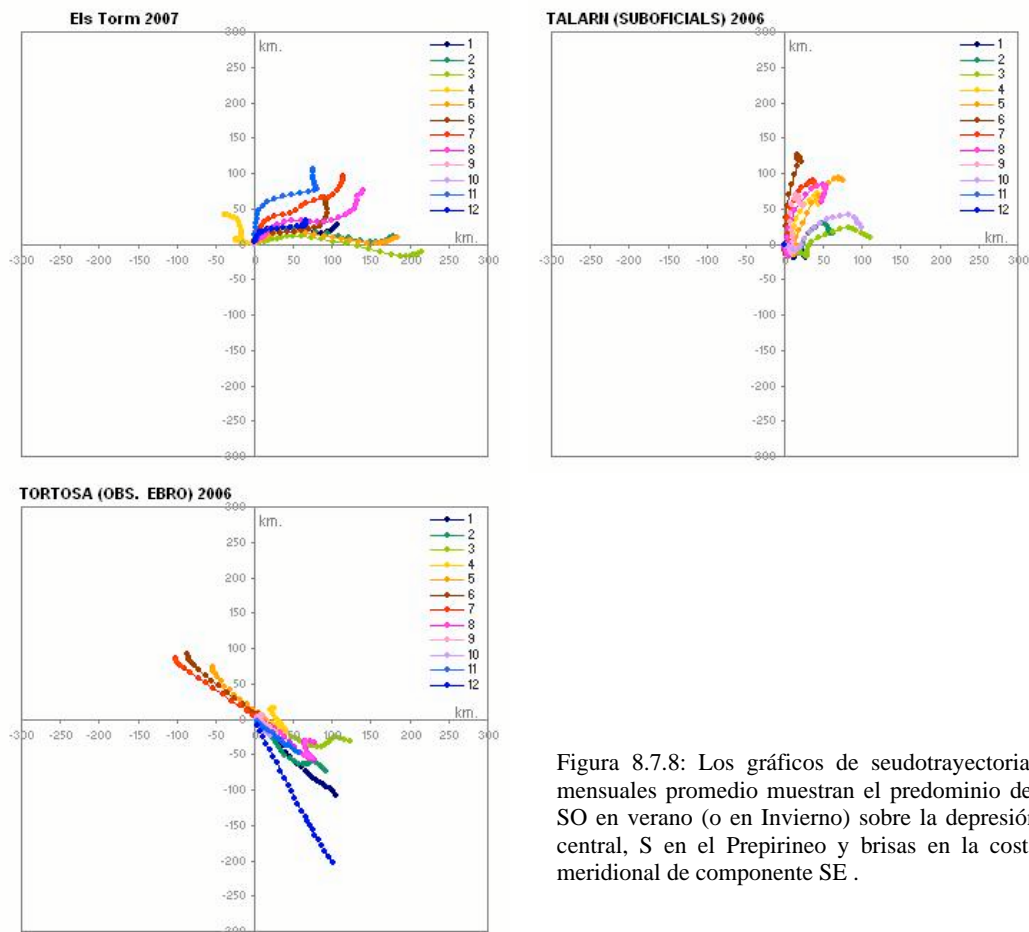


Figura 8.7.8: Los gráficos de pseudotrajectorias mensuales promedio muestran el predominio del SO en verano (o en Invierno) sobre la depresión central, S en el Prepirineo y brisas en la costa meridional de componente SE .

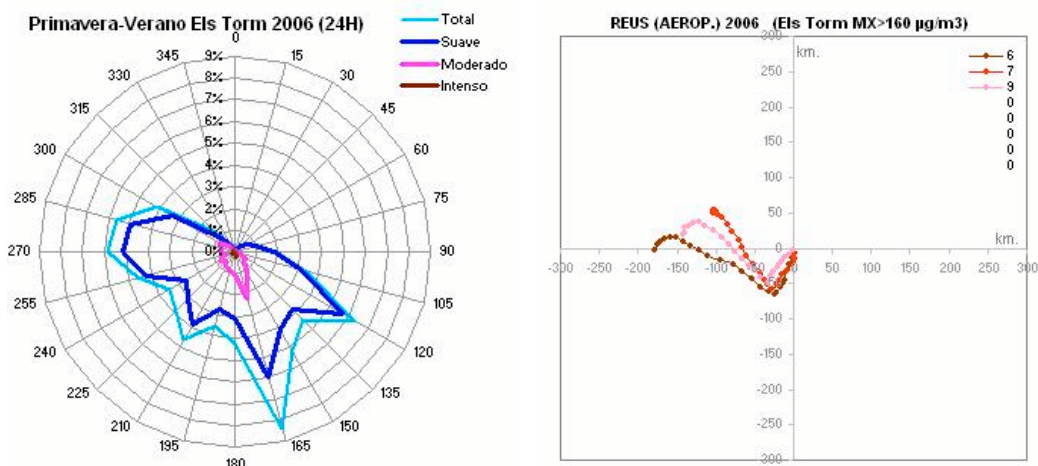


Figura 8.7.9: (Izda) Rosa de ozono en Els Torms. Los niveles *suaves* se registran generalmente con viento de Poniente. Y los niveles *moderados* se registran preferentemente de componente SSE. **Leyenda:** *Suave* (80-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Moderado* (120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Intenso* (>150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). (Dcha.) Las pseudotrajectorias desde Reus filtradas para fechas con máximos horarios en Els Torms por encima de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muestran transporte en la dirección de la línea que los une.

También se producen en el área de Tarragona, aunque raramente, situaciones de estancamiento y formación de una capa nocturna desacoplada rica en contaminantes en la vertical de Reus, que produce a la mañana siguiente fumigaciones puntuales, con superaciones del umbral de Información, del estilo de las observadas en Puertollano, pero con menos intensidad y frecuencia. Entre las estaciones de la zona estas superaciones se daban con mayor frecuencia en la estación de Alcover, habitualmente a las 10 UTC (figura 8.7.10).

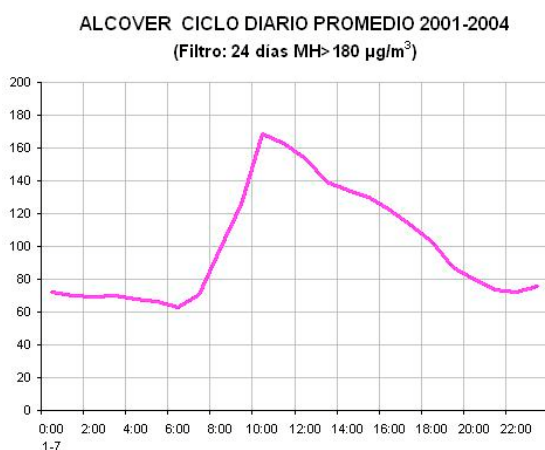
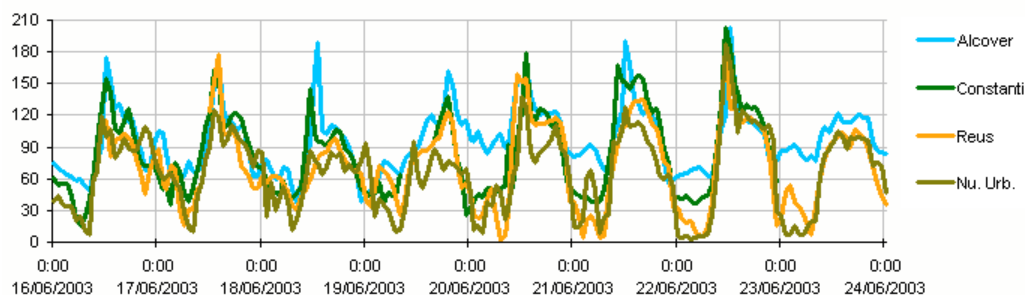


Figura 8.7.10: (Arriba) periodo de superaciones del Umbral de Información en el área de Reus asociadas a la fumigación de los estratos acumulados en altura. (Abajo) Perfil diario promedio de los 24 días de superación registrados entre 2001 y 2004 en Alcover (la estación deja de medir a principios de 2005).

En general, para todo el territorio, aparte de la producción diaria de ozono, y debido a la configuración de los tres factores: orografía, brisas, y emisiones costeras, hay que considerar el **aporte suplementario de niveles acumulados debido a las recirculaciones** verticales de la masa aérea bajo condiciones de estabilidad atmosférica, especialmente cuando estas se prolongan durante varios días (lo cual es relativamente frecuente en los meses de primavera y verano).

Igualmente, aunque es difícil de determinar su magnitud a partir de los registros disponibles, puede ser también significativo el **aporte de ozono “exterior”**, desde el Golfo de León sobre la costa catalana, que se sumaría también a unos niveles de fondo que podrían significar una proporción no despreciable de los niveles registrados. Los niveles elevados en *Cabo de Creus*, junto con la persistencia de la componente N en este punto son un indicio de ello. Las rosas de ozono en *Cabo de Creus* de la figura 8.7.11 ilustran esta situación.

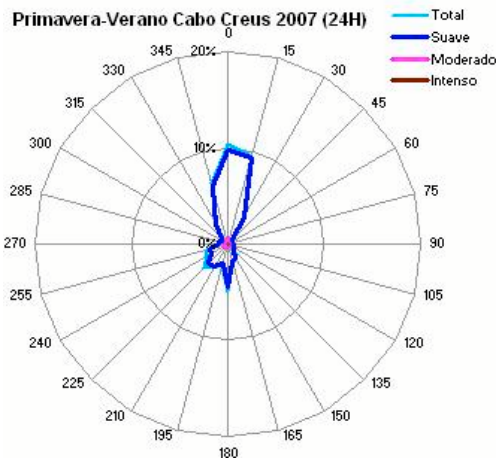


Figura 8.7.11: Rosa de ozono en Cabo Creus en Primavera y Verano de 2007. Predominan niveles permanentemente *suaves* asociados a la componente N que indican un aporte exterior. **Leyenda:** *Suave* (80-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Moderado* (120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), *Intenso* (>150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

NOTA: Respecto a los registros de 2004 las medidas de dirección de Cabo de Creus han girado ligeramente del NNO a NNE. El tránsito ocurre en noviembre de 2004, y debe estar relacionado con un reajuste en la orientación de la veleta por los técnicos de mantenimiento.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.7.12 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por las estaciones rurales de la red de Cataluña. Las estaciones rurales son las que proporcionan un mejor conocimiento de los niveles de ozono en todo el territorio. La pauta en Cataluña es semejante a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año. Se puede apreciar que en promedio es relativamente frecuente la superación del valor objetivo de protección a la población (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario) entre Mayo y Agosto.

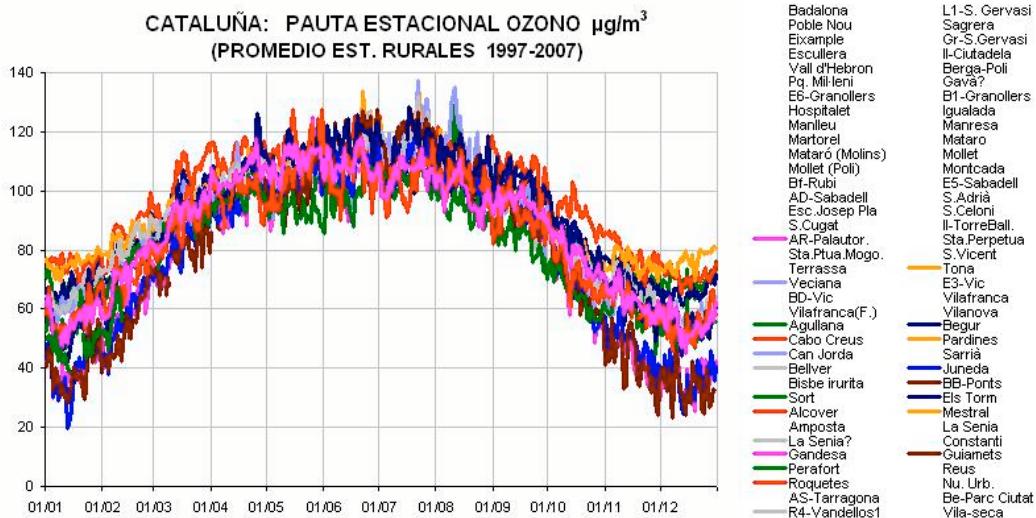


Figura 8.7.12: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Cataluña, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Mayo a Agosto, con la superación frecuente en alguna de las estaciones del Valor Objetivo de Protección a la Salud.

La figura 8.7.13 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Cataluña, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España. La evolución en Cataluña muestra una gran estabilidad en los tres grupos de

estaciones (urbanas, suburbanas y rurales). No se aprecian tendencias en el periodo, y destaca únicamente el máximo relativo del año 2003, cuando tuvo lugar una importante ola de calor que se manifestó también sobre los niveles de ozono. Respecto a la comparación con la situación general en España, las estaciones rurales de Cataluña se sitúan en niveles ligeramente más altos, y las urbanas en niveles ligeramente más bajos. Por otra parte se observa una diferenciación clara entre los tres tipos de emplazamiento, que no ocurre a nivel nacional entre las rurales y las suburbanas. Este hecho podría explicarse en alguna medida por una mejor ubicación de estas estaciones en la red Catalana.

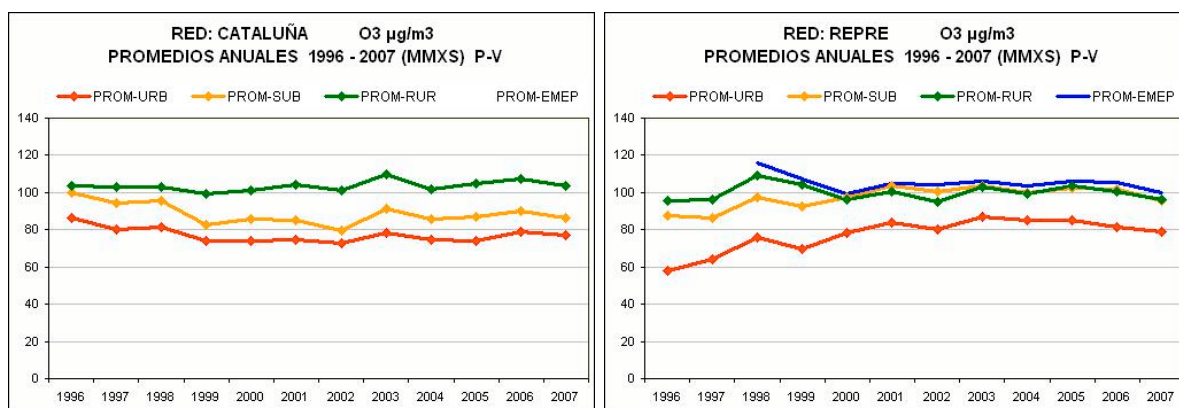


Figura 8.7.13: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Cataluña. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.7.4. Revisión de Recomendaciones.

Como ya se ha comentado Cataluña dispone de una red bien dimensionada en cuanto al número y distribución de estaciones, y con una zonificación que diferencia los gradientes en los niveles de ozono que se registran en este territorio. Por otro lado en el informe de Julio de 2007, sobre la base de los datos disponibles hasta el año 2005, se propusieron dos nuevos emplazamientos para cubrir sendos huecos en la vigilancia de las zonas *Alt Llobregat* y *Penedés-Garraf*. Estos huecos ya habían sido cubiertos en realidad con las estaciones de *Berga* y *Vilafranca* en 2006 y 2007 (el CEAM no disponía de esta información en aquel momento).

Consecuentemente la propuesta de optimización para Cataluña se reduce a tres de los cinco puntos de medida que se propusieron en aquella ocasión. Estos puntos pretenden mejorar la vigilancia en las zonas *Cataluña Central*, *Maresme* y *Pirineu Oriental*. El mapa de la figura 8.7.15 muestra la localización aproximada de estos emplazamientos.

En el caso de *Cataluña Central* se trata de una cuestión “formal” ya que no se cumplen estrictamente con el criterio establecido en el Anexo IX de la directiva 2008/50/CE en relación con el número mínimo de puntos de muestreo en función de la población. *Cataluña Central*, con una población de aproximadamente 269.000 habitantes, debería contar al menos con dos estaciones, una de tipo suburbano y la otra rural, y cuenta realmente con una suburbana, *Igualada*, y con una urbana, *Manresa*. Esta última no ofrece registros representativos de la comarca del Bages (correspondiente a la mitad norte de la zona), muy influenciada por el transporte de las emisiones desde el área de Barcelona y del

Vallés hacia el norte. La cabina debería ser desplazada a un entorno rural, o bien se debería instalar un punto adicional para la medida de ozono. Se propone en este caso un emplazamiento rural en el entorno de Sallent.

En *Maresme* se cuenta con la estación automática de Mataró (Molins) desde el año 2006. Esta estación de tipo urbano debería ser en realidad de tipo suburbano por tratarse de una zona no aglomeración. Aunque es difícil de estimar a partir de los datos de la red, no se descarta la influencia de Barcelona especialmente en el sector sur, y niveles significativos de ozono en todo caso por encima del objetivo a largo plazo de protección a la población. Se recomienda por tanto en esta zona un emplazamiento de tipo suburbano.

En cuanto al emplazamiento propuesto en Pirineos, en el entorno del embalse de Oliana, permitirá analizar la canalización por el Valle del Segre. En principio la orientación de este valle favorece más la conexión con las circulaciones de la depresión del Ebro que con las circulaciones costeras. De confirmarse esta hipótesis se podría plantear la conveniencia de “traspasar” la parte oriental de la zona Pirineu Oriental a la zona Pirineu Occidental.



Figura 8.7.14: Mapa de Cataluña con los emplazamientos de medida propuestos. (Puntos propuestos para realización de campaña previa con unidades móviles. En la pareja de puntos etiquetados como 1 será conveniente la medida simultánea en caso de que se disponga de dos U.M)

El conjunto de emplazamientos propuestos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidad móvil equipada al menos con monitores de ozono y torre meteorológica. A partir de los resultados de cada campaña se seleccionarían los puntos más adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación. Se requiere en cada punto entre uno y dos meses de medidas, de forma continuada o en dos periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre. En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...).

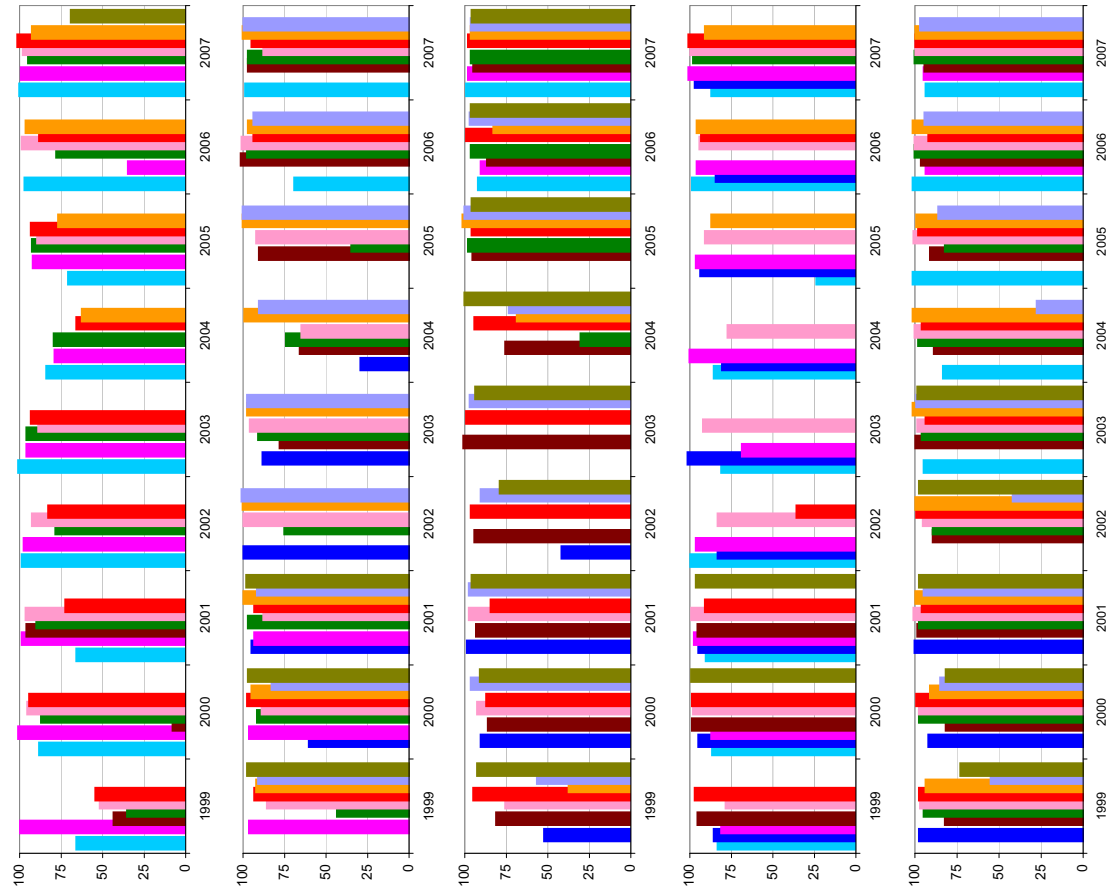
Por último, en relación con la zonificación, llama la atención que la zona *Vallés-Baix Llobregat* a pesar de ser de tipo aglomeración incluye una importante extensión rural, como la franja montañosa que recorre todo su contorno por el norte. Probablemente esto responde al criterio de tomar los municipios como unidad básica para formar, por agregación, las diferentes zonas. En este caso la calidad del aire en esta franja montañosa no estaría correctamente evaluada con las estaciones de la zona

8.7.5 Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

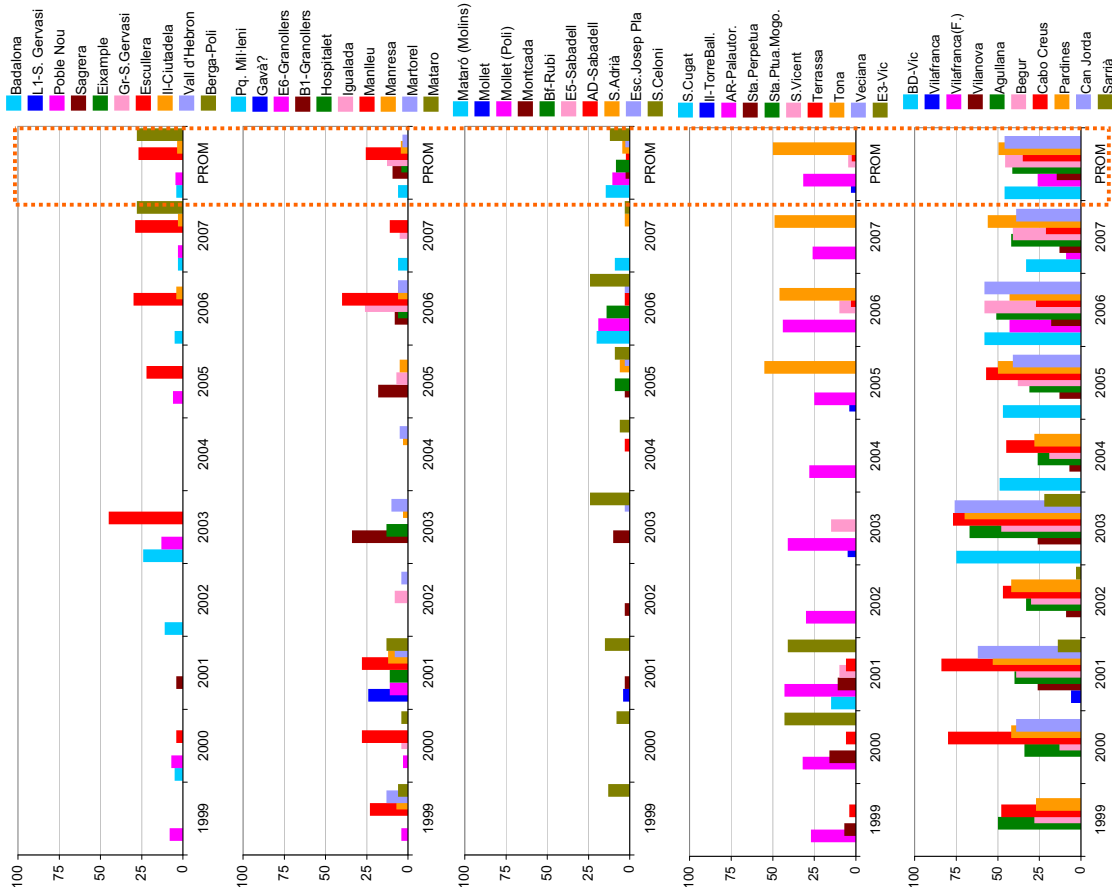
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Cataluña las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

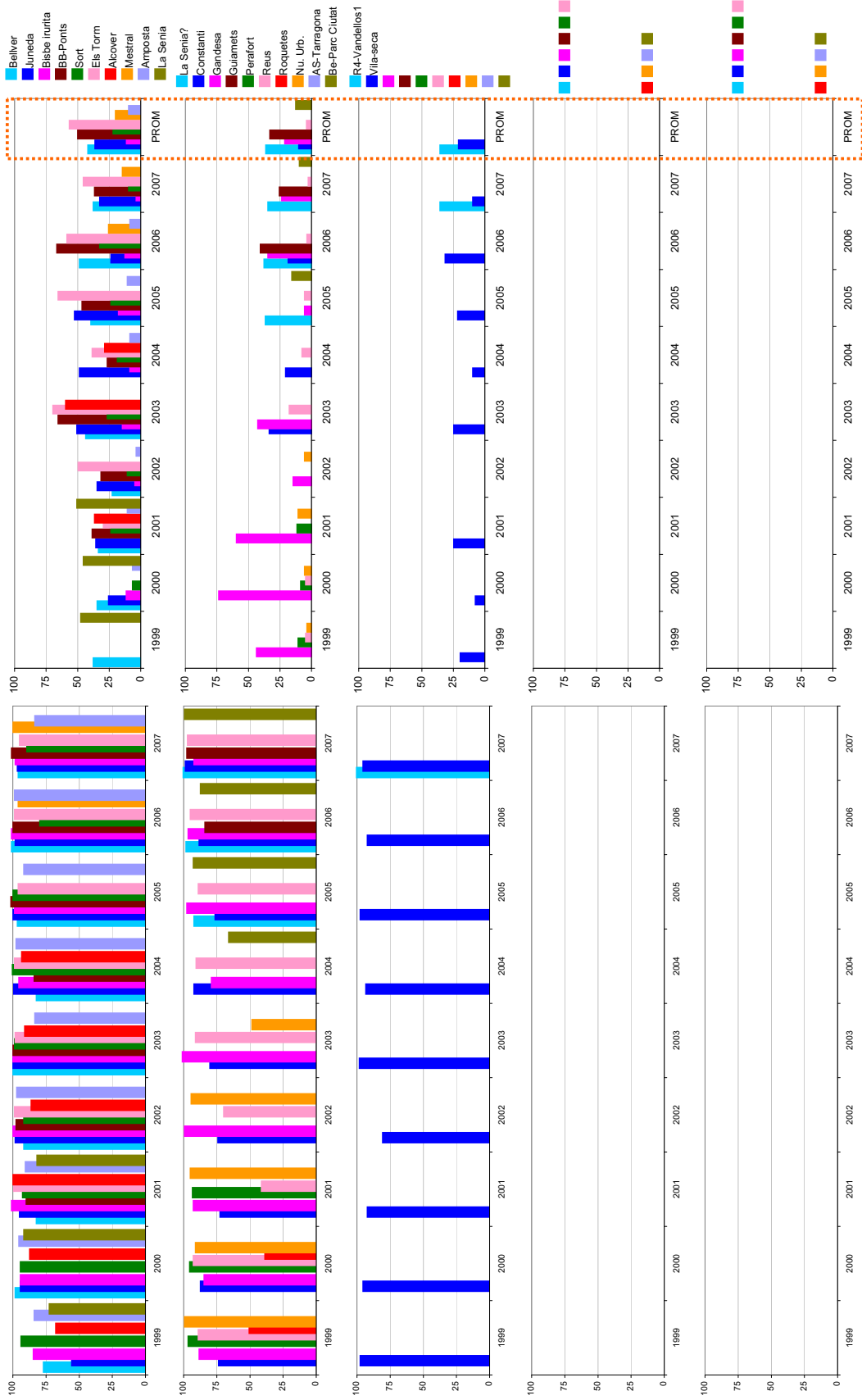
CATALUÑA

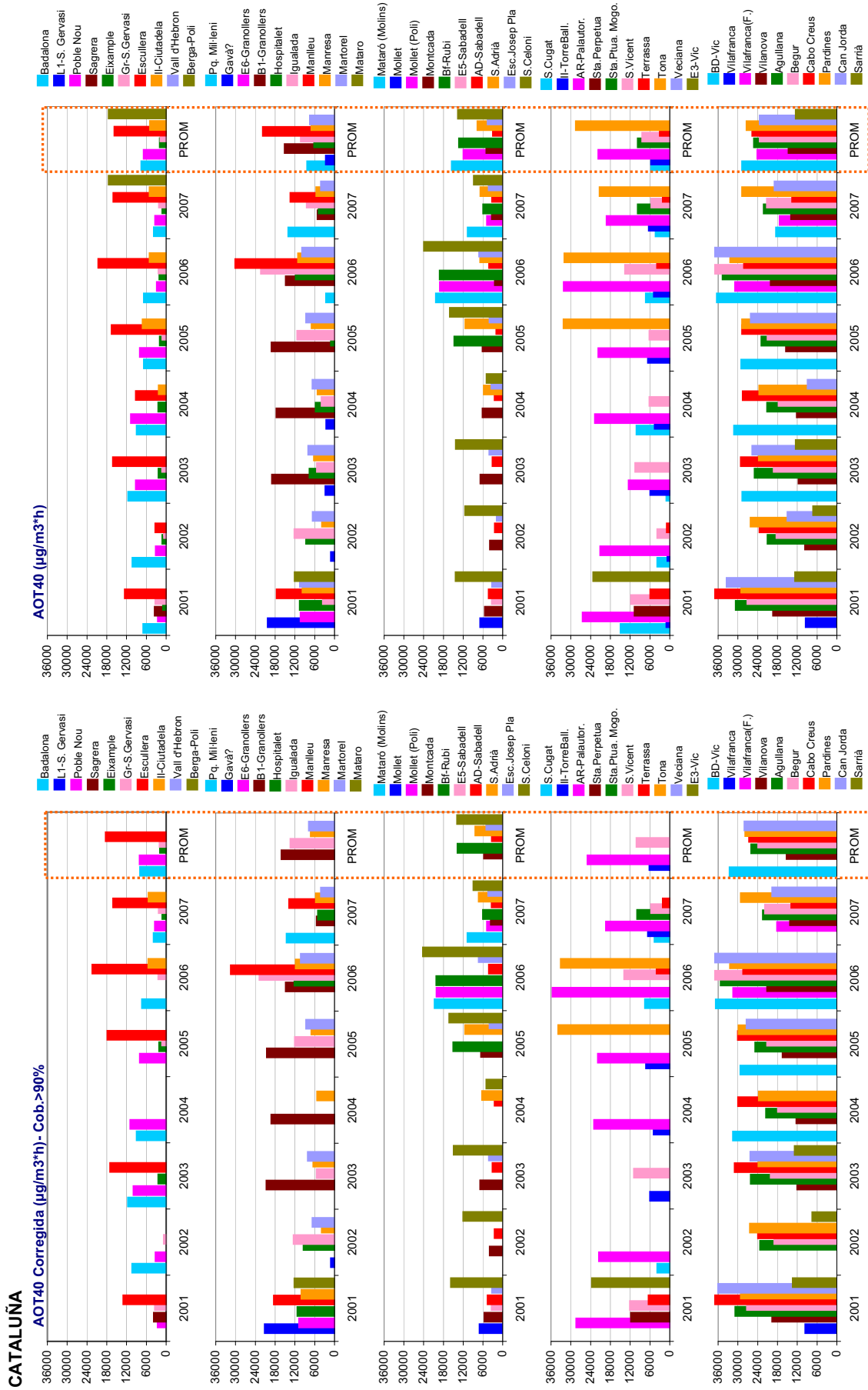
COBERTURA(%)ABRIL-SEPTIEMBRE

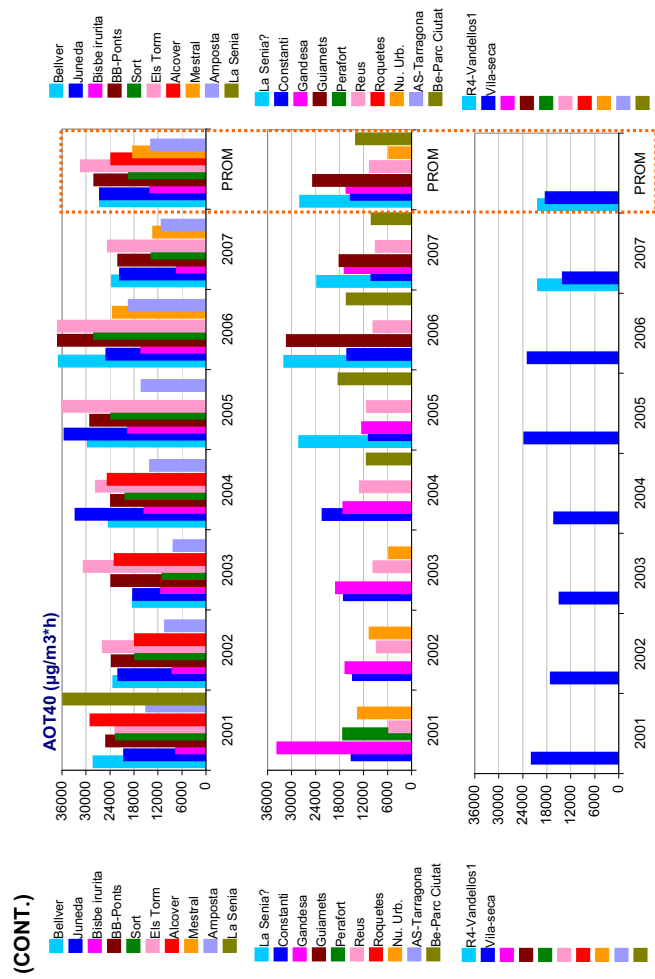


Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)









8.8. Optimización de la red de calidad del aire de Comunidad Valenciana.

La optimización de la red de calidad del aire de la C.V. es un proceso continuo que comienza hace más de una década, a través de la colaboración que mantienen el CEAM y la Conselleria de Medioambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana, en varios aspectos relacionados con la gestión de la calidad del aire.

En esta optimización se sigue la misma metodología aplicada en este estudio. De hecho, la experiencia adquirida por el CEAM en la optimización de esta red ha servido para aplicarla en el resto de las redes a nivel nacional. Las propuestas de optimización para esta red se realizan en el contexto de la colaboración antes mencionada, y no se aportan en este documento propuestas adicionales. Si se incluye en todo caso el resto de información, con la descripción del estado de la red y de la dinámica de contaminantes en este territorio.

8.8.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.



La red de la Com.Valenciana cuenta en 2007 con 45 estaciones automáticas, 43 de ellas dotadas de monitor de ozono. De este grupo 16 son urbanas, 13 suburbanas y 14 rurales. Respecto a la situación diagnosticada en Julio de 2007, en base a los datos hasta el año 2005, la configuración de la red no ha variado sustancialmente. Las modificaciones han sido únicamente las derivadas del traslado de las 3 estaciones urbanas de Paterna, Elche y Castellón a las nuevas ubicaciones: Paterna (CEAM), Elche3 y Patronato, la primera de tipo suburbano y las otras dos de tipo urbano.

Figura 8.8.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en la Com.Valenciana en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

Con posterioridad a 2007, se han realizado más traslados en de la ciudad de Valencia, y se ha ampliado la red con nuevas estaciones en el entorno de Sagunto (Sagunto Norte y CEA), al oeste de Valencia en Buñol, en la frontera de Alicante con Murcia en el Pinoso, y al norte de Castellón en Vall d'Alba (estos emplazamientos no figuran en el mapa). La distribución actual de la red abarca todo el territorio y todos los tipos de entorno, tanto en

la franja costera, donde se concentra la población y la industria, como en la franja interior de carácter rural, pero donde se registran los mayores niveles de ozono. Por su parte la zonificación, diseñada sobre la base de las cuencas aéreas bien definidas por la orografía, permite diferenciar adecuadamente los gradientes en los niveles de ozono que se registran en toda la C.V. Se trata por tanto de una red y una zonificación bien distribuidas y bien dimensionadas.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1001	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA COSTERA	1213	71,818	NO	2	--	--
ES1002	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	1964	16,408	NO	5	--	--
ES1003	MIJARES-PEÑAGOLOSA . ÁREA COSTERA	1006	174,349	NO	1	3	1
ES1004	MIJARES-PEÑAGOLOSA. ÁREA INTERIOR	1221	9,649	NO	1	--	--
ES1005	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA COSTERA	436	119,911	NO	--	1	1
ES1006	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA INTERIOR	966	22,564	NO	1	--	--
ES1007	TURIA. ÁREA COSTERA	1087	240,299	NO	--	2	--
ES1008	TURIA. ÁREA INTERIOR	2152	44,140	NO	1	--	--
ES1009	JUCAR-CABRIEL. ÁREA COSTERA	1250	290,400	NO	--	1	--
ES1010	JUCAR-CABRIEL. ÁREA INTERIOR	3950	77,251	NO	2	--	--
ES1011	BÉTICA-SERPIS. ÁREA COSTERA	1777	176,501	NO	--	1	1
ES1012	BÉTICA-SERPIS. ÁREA INTERIOR	2228	232,787	NO	1	--	1
ES1013	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	2177	706,326	NO	--	3	1
ES1014	SEGURA-VINALOPO. ÁREA INTERIOR	798	152,650	NO	--	1	--
ES1015	CASTELLÓ	109	147,667	SÍ	--	1	1
ES1016	L'HORTA	393	1,217,889	SÍ	--	--	7
ES1017	ALACANT	201	284,580	SÍ	--	--	2
ES1018	ELX	326	209,439	SÍ	--	--	1

Tabla 8.8.1: Listado de zonas y estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007 (Superficie en Km²)

El gráfico de la izquierda en la figura 8.8.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). El número de estaciones de tipo urbano ha permanecido relativamente constante desde el año 1995, pero se han incrementado, especialmente en 2004, el número de estaciones de tipo rural y suburbano. En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas- Suburbanas en aglomeraciones (se exige un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano), solo la aglomeración de Castellón lo cumple. En cuanto a Valencia, en 2008 y 2009 se han trasladado las estaciones de *Aragón* y *Nuevo Centro*, a otros puntos de la ciudad que mejoran sensiblemente la ratio exigida.

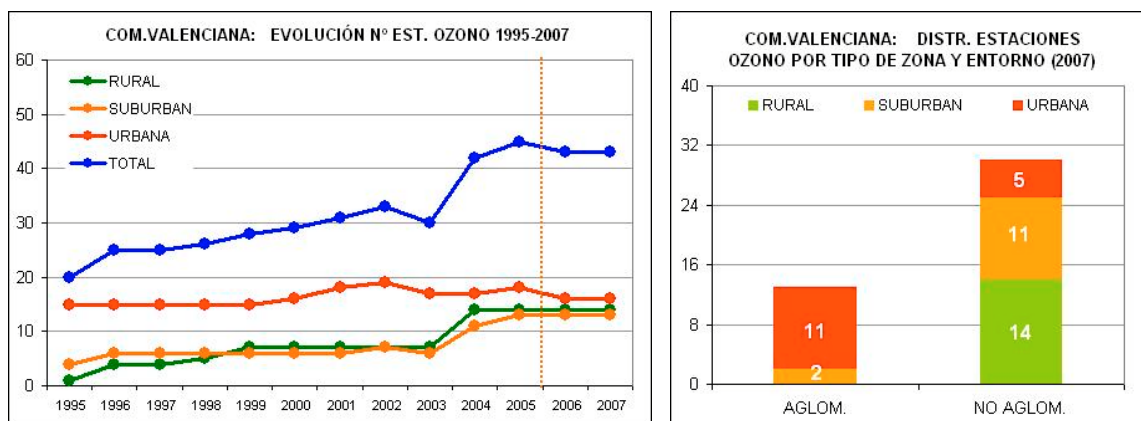


Figura 8.8.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Aunque gran parte de las estaciones automáticas de esta red dispone de torre para la medida de las variables meteorológicas, se ha contado para este estudio con datos complementarios de las torres de AEMET suministrados por el ministerio (figura 8.8.3)



Figura 8.8.3: Red de torres meteorológicas de AEMET en la Comunidad Valenciana disponibles para este estudio

8.8.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.8.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.8.4 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos. Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado en el periodo 1996-2007 el 0.89 % de los datos. Y en los dos últimos años procesados 2006 y 2007 se han invalidado respectivamente el 0.44% y el 0.88%.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E03009002	Rosaleda	Alcoy	BÉTICA-SERPIS. ÁREA INTERIOR	Alicante	URBANA
E03009003	Oliver	Alcoy	BÉTICA-SERPIS. ÁREA INTERIOR	Alicante	URBANA
E03009006	Verge	Alcoy	BÉTICA-SERPIS. ÁREA INTERIOR	Alicante	URBANA
E03014004	Renfe	Alicante	ALACANT	Alicante	URBANA
E03014005	S.Antoni	Alicante	ALACANT	Alicante	SUBURBAN
E03014006	El Pla	Alicante	ALACANT	Alicante	URBANA
E03031002	Benidorm	Benidorm	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	Alicante	SUBURBAN
E03065003	Elche	Elche	ELX	Alicante	URBANA
E03065004	Foia	Elche	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	Alicante	SUBURBAN
E03065005	Elche2	Elche	ELX	Alicante	URBANA
E03065006	Agro	Elche	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	Alicante	SUBURBAN
E03065007	Elx3	Elche	ELX	Alicante	URBANA
E03089001	Monover	Monover	SEGURA-VINALOPO. ÁREA INTERIOR	Alicante	SUBURBAN
E03099002	Orihuela	Orihuela	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	Alicante	SUBURBAN
E03122005	S. Vicent	Sant Vicent del Raspeig	SEGURA-VINALOPÓ. ÁREA COSTERA	Alicante	URBANA
E12005005	Alcora	Alcora	MIJARES-PENÁGOLOSA . ÁREA COSTERA	Castellón	URBANA
E12032001	Burriana	Burriana	MIJARES-PENÁGOLOSA . ÁREA COSTERA	Castellón	RURAL
E12040008	Peñeta	Castellon de la Plana	MIJARES-PENÁGOLOSA . ÁREA COSTERA	Castellón	SUBURBAN
E12040009	Ermita	Castellon de la Plana	MIJARES-PENÁGOLOSA . ÁREA COSTERA	Castellón	SUBURBAN
E12040010	Grao	Castellon de la Plana	CASTELLÓ	Castellón	SUBURBAN
E12040011	Castellón	Castellon de la Plana	CASTELLÓ	Castellón	URBANA
E12040015	Patronat	Castellón de la Plana	CASTELLÓ	Castellón	URBANA
E12046001	Cirat	Cirat	MIJARES-PENÁGOLOSA. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12080007	Morella	Morella	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12084003	Onda	Onda	MIJARES-PENÁGOLOSA . ÁREA COSTERA	Castellón	SUBURBAN
E12093004	Coratxa	Pobla de Benifassà (la)	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12099001	S.Jordi	San Jorge	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA COSTERA	Castellón	RURAL
E12120001	T. Endom.	Torre Endoménech	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA COSTERA	Castellón	RURAL
E12127002	Vallibon	Vallibona	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12129001	Villafr	Villafranca del Cid	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12140002	Viver	Viver	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E12141002	Zorita	Zorita del Maestrazgo	CERVOL-ELS PORTS. ÁREA INTERIOR	Castellón	RURAL
E46017002	Alzira	Alzira	JUCAR-CABRIEL. ÁREA COSTERA	Valencia	SUBURBAN
E46062001	Benigánim	Benigánim	BÉTICA-SERPIS. ÁREA COSTERA	Valencia	SUBURBAN
E46078002	Burjassot	Burjassot	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46078004	Facultats	Burjassot	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46095001	Caud. Fuentes	Caudete de las Fuentes	JUCAR-CABRIEL. ÁREA INTERIOR	Valencia	RURAL
E46102002	Quart	Quart de Poblet	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46116001	Eliana	Eliana(L')	TURIA. ÁREA COSTERA	Valencia	SUBURBAN
E46131002	Gandia	Gandia	BÉTICA-SERPIS. ÁREA COSTERA	Valencia	URBANA
E46184002	Onteniente	Onteniente	BÉTICA-SERPIS. ÁREA INTERIOR	Valencia	RURAL
E46190002	Paterna	Paterna	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46190005	Paterna-CEAM	Paterna	TURIA. ÁREA COSTERA	Valencia	SUBURBAN
E46220002	Sagunto	Sagunto	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA COSTERA	Valencia	URBANA
E46220003	Pt.Sag	Sagunto	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA COSTERA	Valencia	URBANA
E46220009	Sagunto Norte	Sagunto	PALANCIA-JAVALAMBRE. ÁREA COSTERA	Valencia	SUBURBAN
E46250030	P.Silla	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250031	N.Centro	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250032	G.Vía	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250033	Aragon	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250034	Linares	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250038	Nazaret	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46250043	Viveros	Valencia	L'HORTA	Valencia	URBANA
E46258001	Villar Arz.	Villar del Arzobispo	TURIA. ÁREA INTERIOR	Valencia	RURAL
E46263999	Zarra	Zarra	JUCAR-CABRIEL. ÁREA INTERIOR	Valencia	RURAL

Tabla 8.8.2: Listado de estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

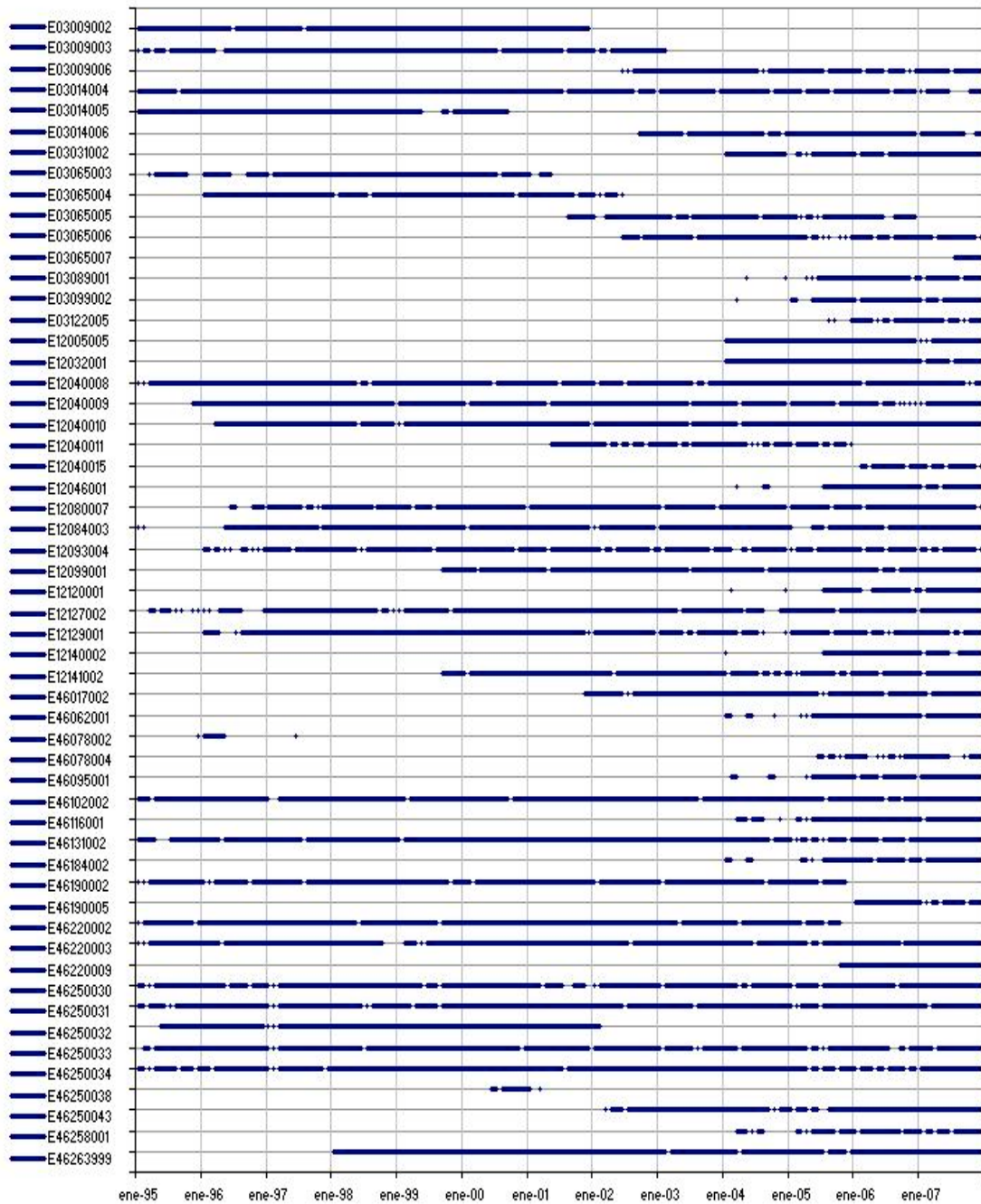


Figura 8.8.4: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

8.8.3. Dinámica del ozono en la Comunidad Valenciana.

El modelo conceptual de la dinámica de contaminantes en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica se elaboró a partir de los procesos documentados en el proyecto MECAPIP (Millán *et al.* 1992,1996,1997). En el apartado 5.1 de este documento (procesos de transporte y dispersión) se muestra en un esquema este modelo, y se describen brevemente estos procesos. Y el documento “*El ozono troposférico en el sur de Europa:*

Aspectos dinámicos documentados en proyectos europeos”, que acompaña a este informe, aporta una descripción detallada de esta dinámica.

De forma muy resumida, la dinámica del ozono en la Comunidad Valenciana responde a un patrón característico que viene determinado fundamentalmente por la combinación de tres factores: i) un relieve caracterizado por una franja costera y plana, y una interior montañosa, que se comunican a través de numerosos valles perpendiculares a la costa (valles de los ríos Mijares, Palancia, Túrria, Júcar, Vinalopó, ...), ii) las circulaciones de brisa que predominan en primavera y verano acoplándose con los vientos de ladera y prolongando su alcance sobre toda la franja interior, y iii) la distribución costera de la población y la industria, y por tanto de principales las fuentes de emisión.

Esta orientación perpendicular entre la línea de costa y los valles (en la provincia de Alicante varía la orientación de ambas pero se mantiene el mismo esquema), favorece la canalización de las circulaciones de brisa (figuras 8.8.5).

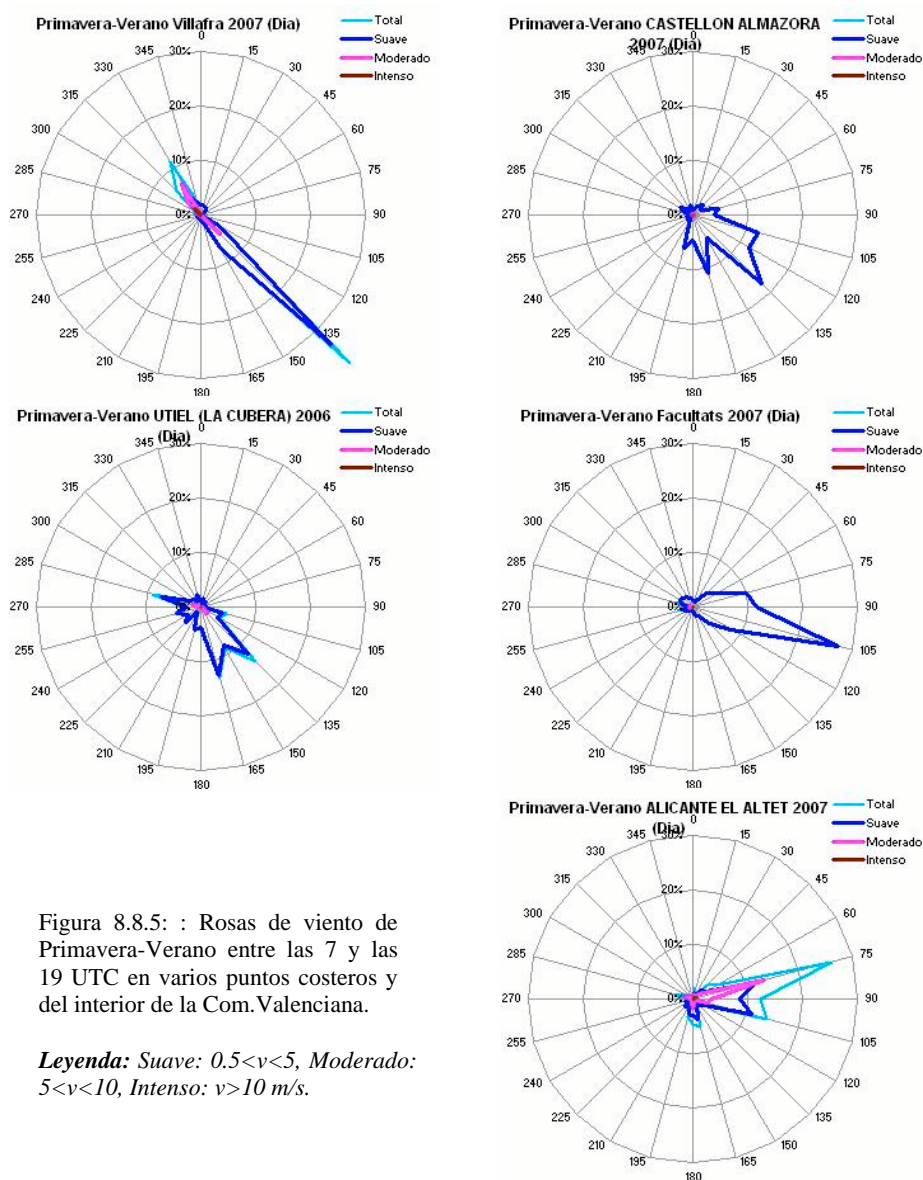


Figura 8.8.5: : Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en varios puntos costeros y del interior de la Com.Valenciana.

Leyenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s.

Estas brisas transportan una masa aérea, cargada con las emisiones contaminantes de las áreas urbanas e industriales costeras, hacia las zonas del interior. A lo largo de estas rutas de transporte la actividad fotoquímica incrementa progresivamente las concentraciones de ozono. Como consecuencia, en los meses de primavera y verano las cabinas rurales del interior son las que en general registran los mayores niveles de ozono.

Y los perfiles diarios de concentración de ozono en estas cabinas muestran los valores máximos retrasados 1-2 horas respecto a los que se registran en las estaciones costeras (en los puntos más alejados el retraso puede ser incluso mayor). La figura 8.8.6 con las rosas de ozono en dos puntos del interior de Castellón, y la figura 8.8.7, con el perfil del ciclo diario en varias estaciones dentro de la ruta habitual de transporte de la pluma de Valencia, ilustran esta situación.

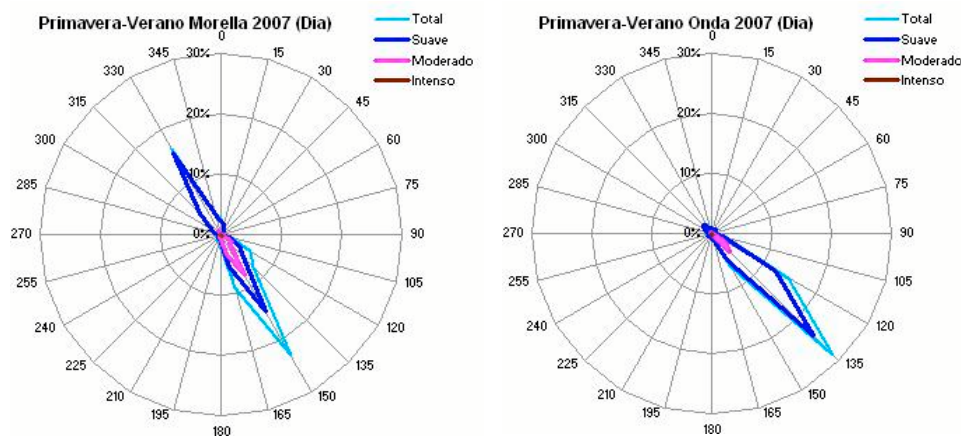


Figura 8.8.6: Rosas de ozono en Morella y Onda en Primavera-Verano de 2007. Los niveles moderados en la primera están asociados a la componente SE que indica el transporte desde la costa. En la segunda, en un punto intermedio entre la costa y el interior, todo el ozono proviene del SE. **Legenda:** Suave (80-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Moderado (120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Intenso (>150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

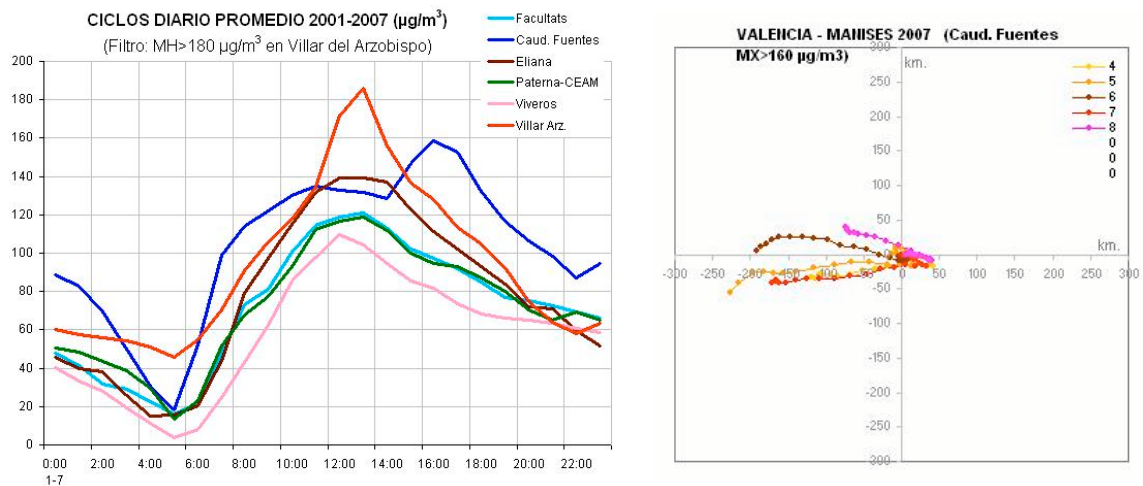


Figura 8.8.7: (Izda.) Perfiles del día promedio en un conjunto de emplazamientos de la cuenca del Túria, para los días en que se superó el Umbral de Información a la población en Villar del Arzobispo (5 ocasiones entre 2001 y 2007). Se aprecia la secuencia de los máximos a lo largo del transporte de la pluma urbana de Valencia hacia el interior. En Valencia (Viveros) el máximo ocurre a las 12:00 UTC, posteriormente en L'Elia y Villar a las 13 y 14 UTC, y finalmente en Caudete, el punto más alejado, a las 16 UTC. El gráfico de la derecha muestra las pseudo-trayectorias mensuales de viento (ver figura 7.2), calculadas con los datos de la torre de AEMET en el aeropuerto de Manises en 2007, para los días en que se supera el valor de referencia 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Caudete.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.8.8 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por las estaciones rurales de la Comunidad Valenciana (son las que proporcionan un mejor conocimiento de los niveles de ozono en todo el territorio). La pauta es semejante a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año. En promedio es relativamente frecuente la superación del valor objetivo de protección a la población (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario) entre Mayo y Agosto.

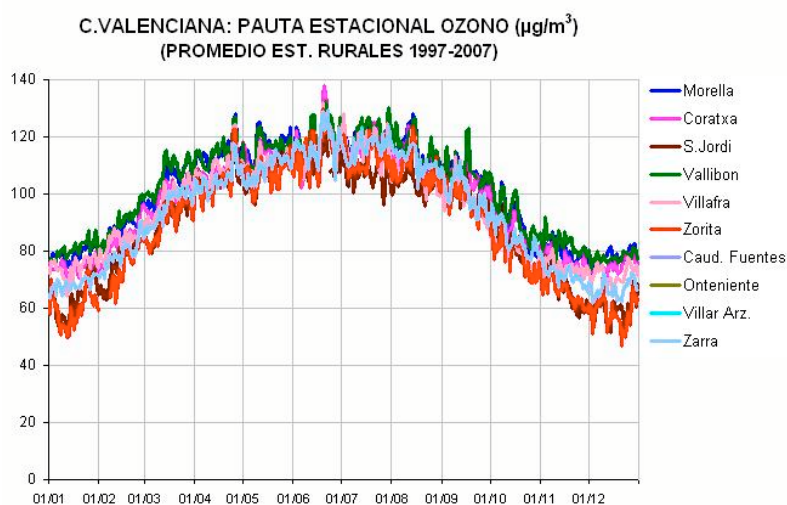


Figura 8.8.8: Año promedio en estaciones rurales de la red de Comunidad Valenciana, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los meses de Mayo a Agosto, con la superación frecuente en alguna de las estaciones del valor objetivo de protección a la n.

La figura 8.8.9 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en la Comunidad Valenciana, y a la derecha en el conjunto de estaciones representativas para todo España.

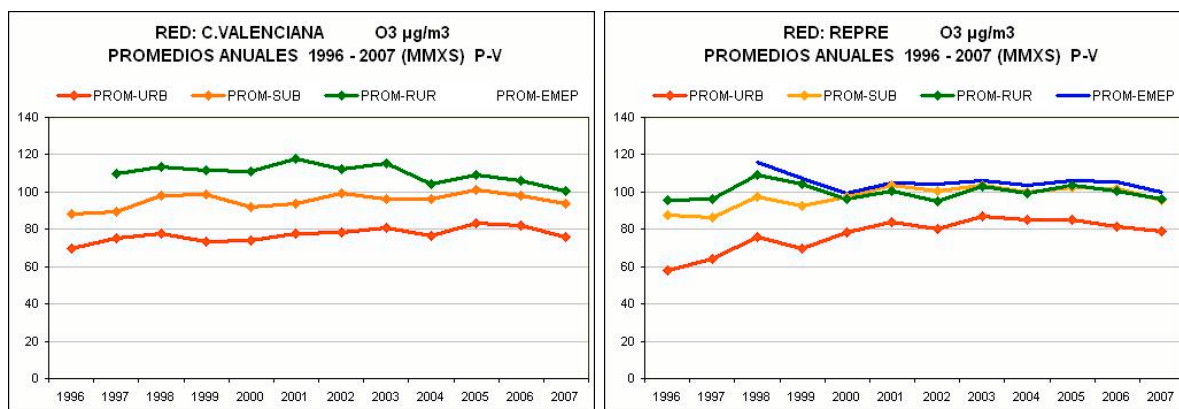


Figura 8.8.9: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Comunidad Valenciana. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

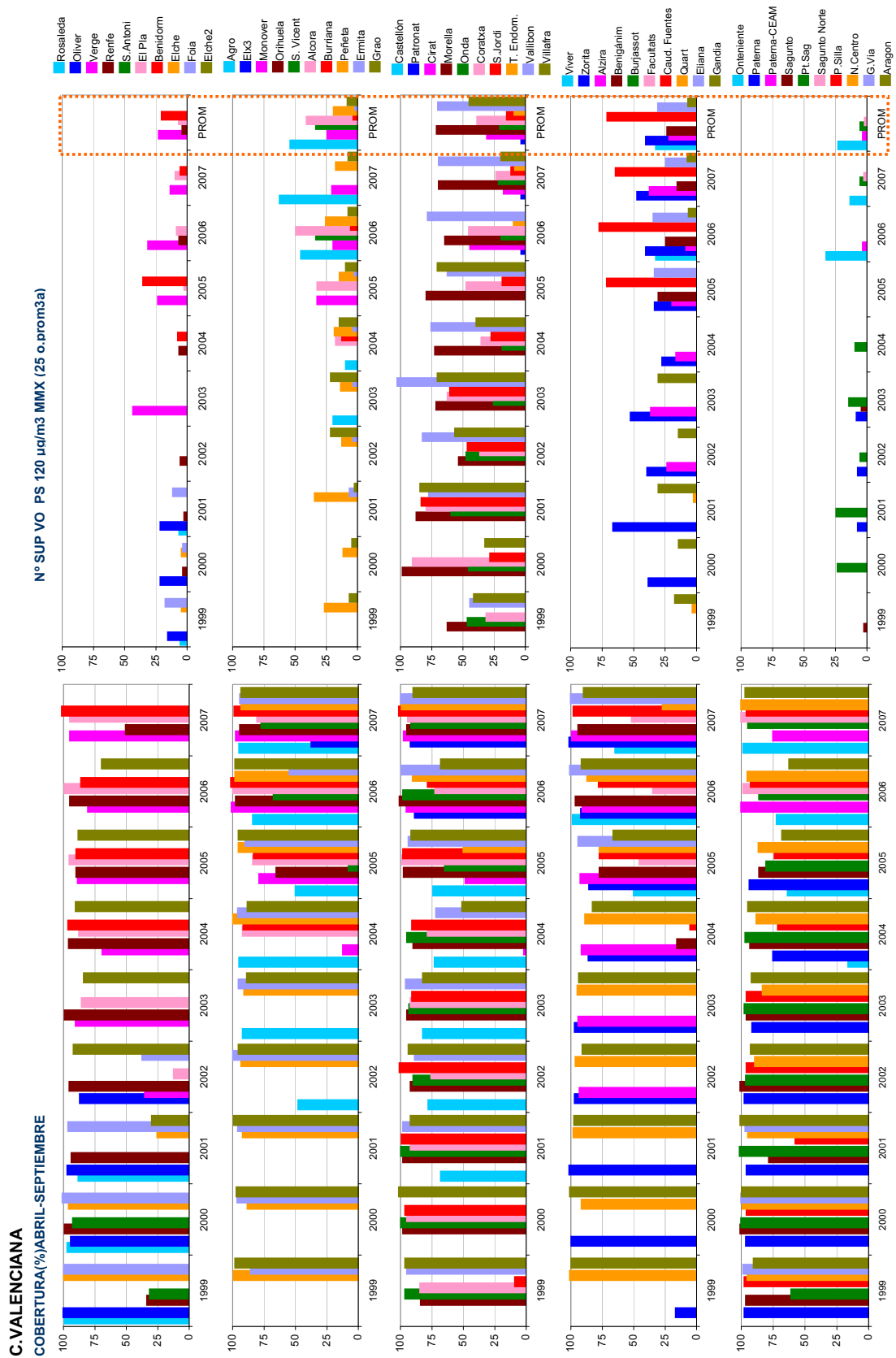
La evolución en las series muestra una gran estabilidad y coherencia entre los tres grupos de estaciones. Las estaciones rurales se sitúan en niveles ligeramente más altos que el mismo grupo a nivel nacional. Por otra parte se observa una diferenciación clara entre los tres tipos de emplazamiento, algo que no ocurre a nivel nacional entre las rurales y las suburbanas. Este hecho podría explicarse en alguna medida por una mejor ubicación de este tipo de estaciones. Igual que a nivel nacional se aprecia una ligera tendencia en el periodo 2005-2007 a la reducción de las concentraciones, que de momento a falta de más años en la serie no puede considerarse como una tendencia consolidada.

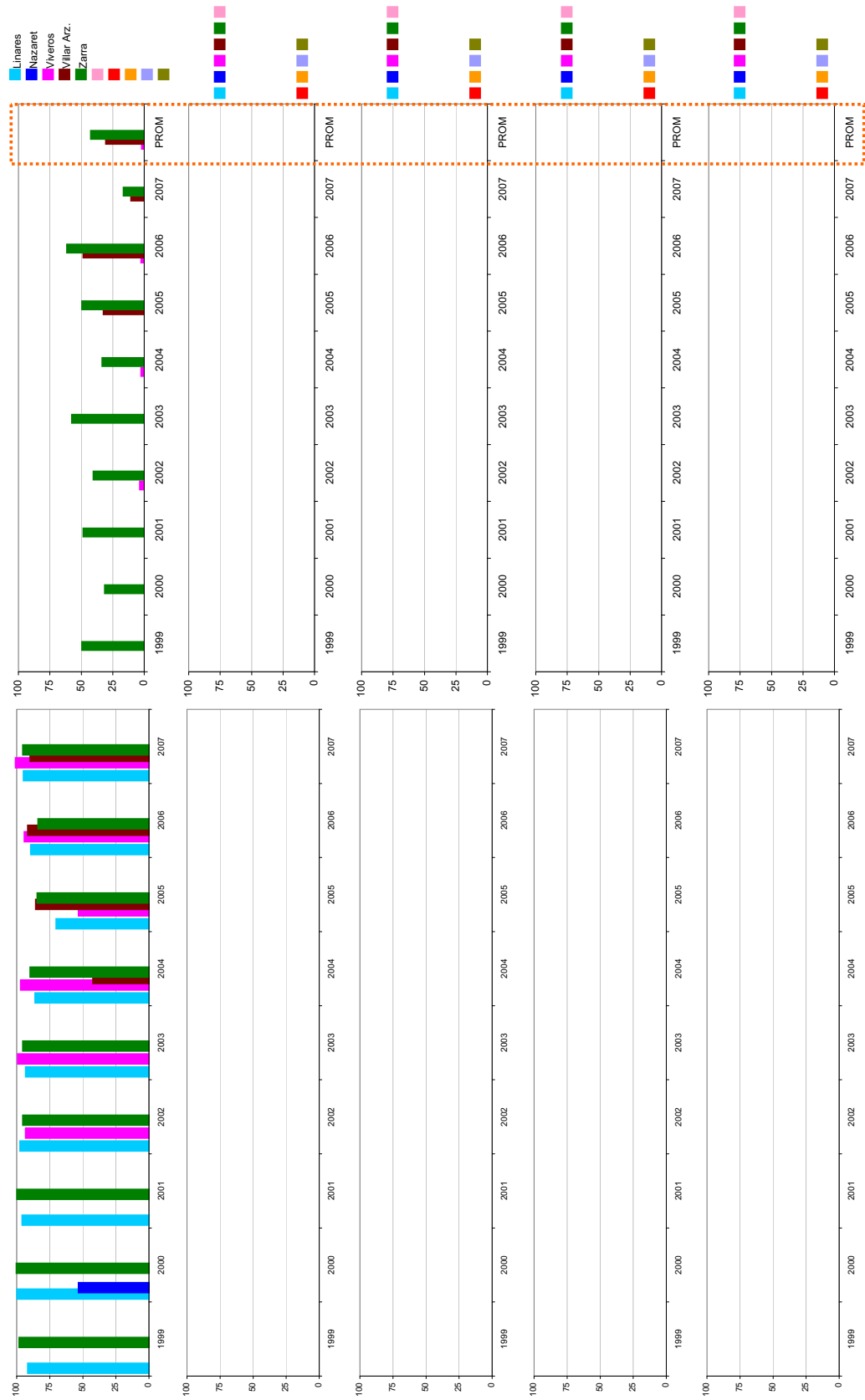
8.8.4. Revisión de Recomendaciones.

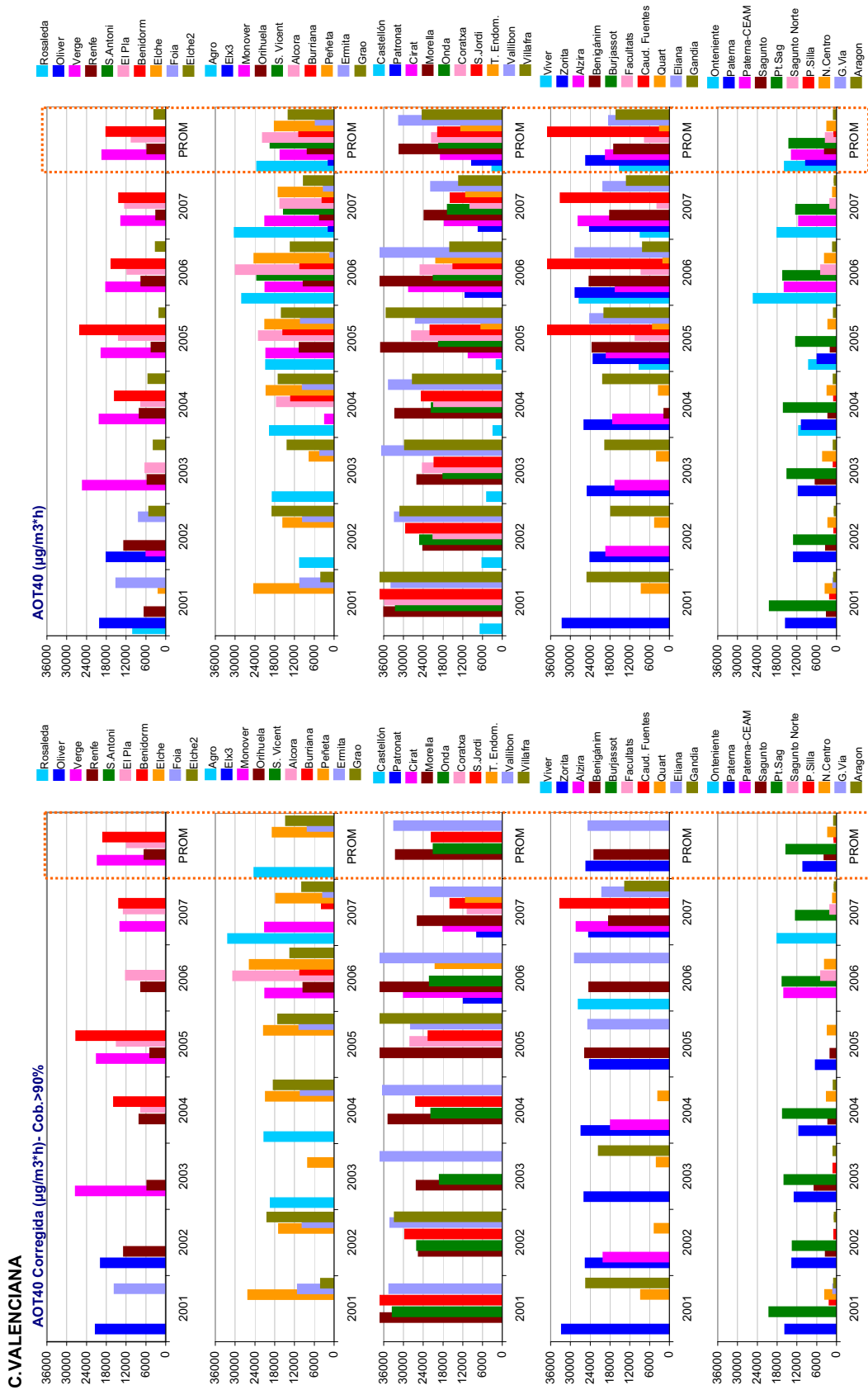
Como se ha explicado al principio de este bloque la optimización de la red de calidad del aire de la C.V. se lleva a cabo de forma continuada a través de la colaboración que mantienen el CEAM y la Conselleria de Medioambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana, en varios aspectos relacionados con la gestión de la calidad del aire. En consecuencia las propuestas de optimización para esta red se realizan en el contexto de dicha colaboración, y no se aportan en este documento propuestas adicionales.

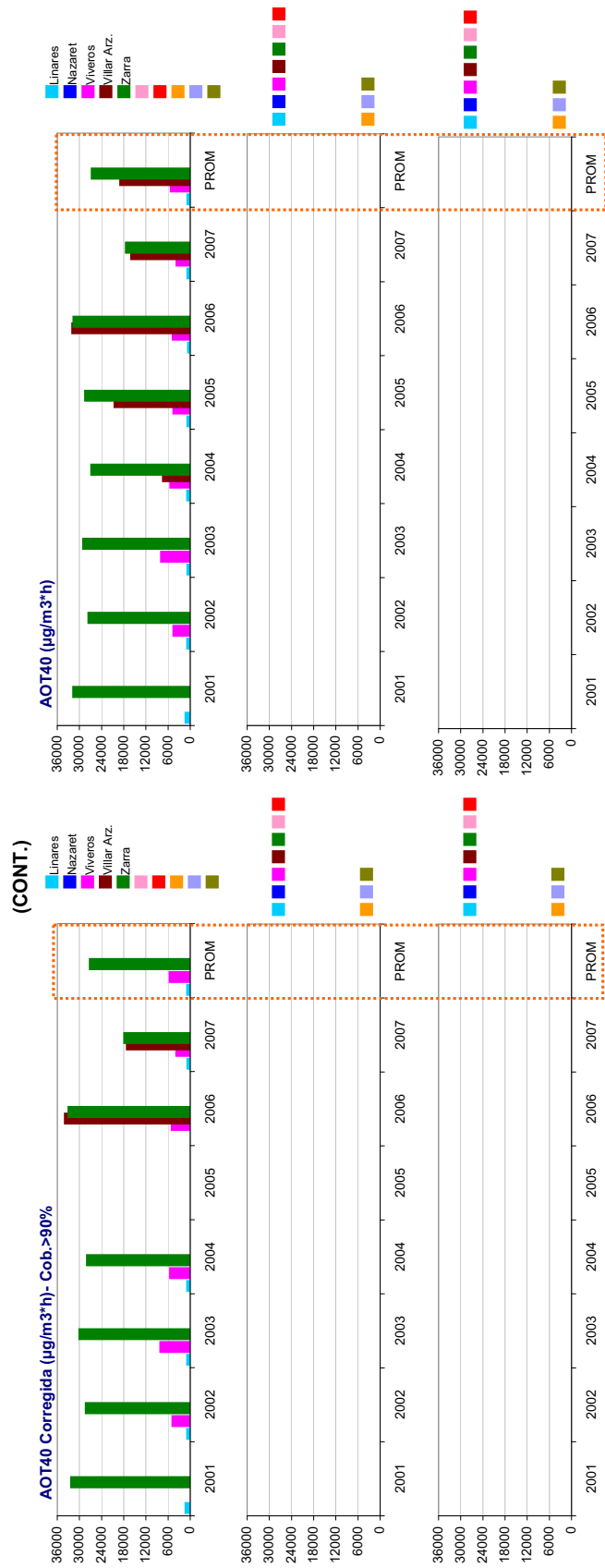
8.8.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de la Comunidad Valenciana, las superaciones anuales y el promedio de superaciones de los últimos tres años del valor objetivo de protección a la salud, y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.









8.9. Optimización de la red de calidad del aire de Extremadura.

8.9.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

Desde la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007, en base a los datos disponibles hasta el año 2005, la red de Extremadura se ha ampliado con dos nuevas estaciones en Mérida y Zafra, que comenzaron a operar en el verano de 2006. Ambas estaciones contribuyen a mejorar la cobertura espacial del territorio, aunque con cierto desequilibrio entre el norte y el sur (2 estaciones en Cáceres, frente a 4 en Badajoz). Por otro lado, la cabina de Mérida en particular rellena el hueco hasta entonces existente en la zona *Núcleos de población de más de 20.000 habitantes*, donde no se disponía con anterioridad de puntos de medida. Con estos dos nuevos emplazamientos la red pasa a estar formada por 6 estaciones, incluyendo la cabina EMEP de *Barcarrota*. Todas ellas están dotadas con monitor para la medida de ozono (figura 8.9.1).



La zonificación delimita 4 zonas diferenciadas. Dos aglomeraciones, *Cáceres* y *Badajoz*, la zona *Núcleos de población de más de 20.000 habitantes* (compuesta por dos áreas inconexas donde se localizan Plasencia y Mérida), y por último, la zona *Extremadura Rural* que abarca el resto del territorio, y equivale casi a la práctica totalidad de la superficie de Extremadura.

Figura 8.9.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono, y zonificación en Extremadura en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales).

La tabla de abajo muestra el listado de zonas con alguna de las características principales, y con la distribución de estaciones, por tipo de entorno, en cada zona.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1101	CÁCERES	8.76	79,306	SÍ	--	1	--
ES1102	BADAJOZ	13.54	132,832	SÍ	--	1	--
ES1103	NÚCLEOS DE POBLACIÓN DE MÁS DE 20.000 HABITANTES	1,967.32	173,164	NO	--	1	--
ES1104	EXTREMADURA RURAL	39,689.20	688,079	NO	2	1	--

Tabla 8.9.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie expresada en Km²)

Como ya se ha dicho la cabina de Mérida rellena el hueco existente en 2005 en la zona *Núcleos de población de más de 20.000 habitantes*. Este emplazamiento es aproximadamente equivalente a uno de los que se propusieron en el informe de Julio de 2007, cuando la estación ya estaba de hecho operativa desde Agosto de 2006, pero no se disponía entonces de esta información en el CEAM. En cualquier caso, las medidas registradas en Mérida confirman que los niveles en la zona se encuentran por encima del VOLP (18 superaciones del valor $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en 2007, con el 82 % de cobertura en el periodo Abril-Septiembre), y que por tanto se requiere al menos un punto fijo de medida en esa zona.

Además de este punto se propusieron otros dos; uno en el extremo oeste de Cáceres, y otro en el extremo sureste de Badajoz. Se trataba con ello de mejorar el análisis del posible gradiente Norte-Sur que sugerían los datos de *Cáceres* y *Monfragüe* frente a los de *Barcarrota* y *Badajoz*, y con ello la posibilidad de dividir en dos la zona *"Extremadura Rural"*. La nueva cabina de *Zafra*, aunque más al norte que el segundo de ellos, se puede considerar también equivalente a aquel.

El gráfico de la izquierda en la figura 8.9.2 muestra la evolución en el número de estaciones para la medida de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). Y el de la derecha muestra la distribución de estaciones por tipo de zona y de entorno. En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas-Suburbanas (se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% por ciento de ellas de tipo suburbano en aglomeraciones), tanto la aglomeración de Badajoz, como la de Cáceres, con una estación suburbana en cada una, lo cumplen.

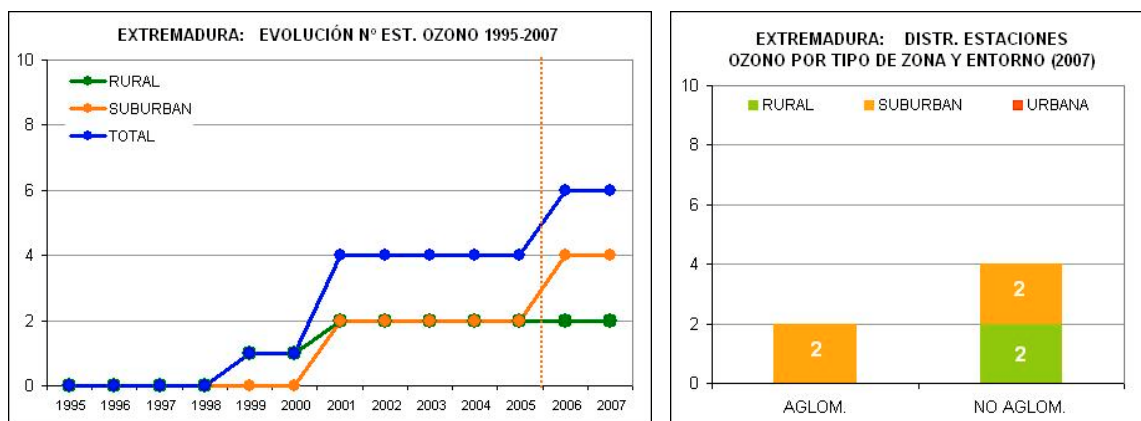


Figura 8.9.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

8.9.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.9.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.9.3 asocia una línea azul a cada estación que representa la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis se han anulado datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han

implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis. En concreto en esta red se han invalidado el 8.81 % de los datos en el periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 8.64 % y el 1.16 % de los datos. Hay que señalar la presencia de un gran número de datos anulados en la estación de *Monfragüe*, de la que apenas se dispone de datos válidos en los meses centrales en ninguno de los años 2003, 2005 y 2006.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E06015001	Badajoz	Badajoz	BADAJOZ	Badajoz	SUBURBAN
E06016999	Barcarro	Barcarrota	EXTREMADURA RURAL	Badajoz	RURAL
E06083001	Mérida	Mérida	NÚCLEOS DE POBLACIÓN DE MÁS DE 20.000 HABITANTES	Badajoz	SUBURBAN
E06158001	Zafra	Zafra	EXTREMADURA RURAL	Badajoz	SUBURBAN
E10037001	Caceres	Caceres	CÁCERES	Cáceres	SUBURBAN
E10182001	Monfragüe	Toril	EXTREMADURA RURAL	Cáceres	RURAL

Tabla 8.9.2: Listado de estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007.

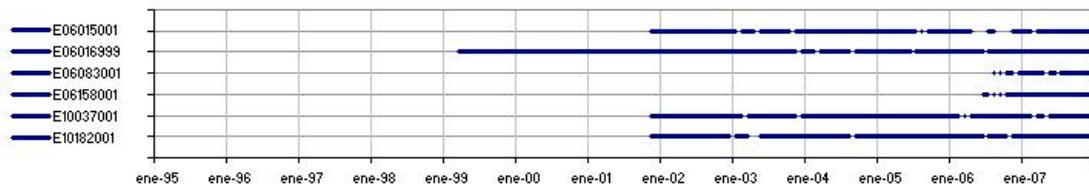


Figura 8.9.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).



Los datos de variables meteorológicas proporcionados por las cabinas de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.9.4: Red de torres de AEMET disponibles en Extremadura

8.9.3. Dinámica del ozono en Extremadura.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Extremadura. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El territorio de Extremadura se enmarca entre los dos extremos que forman el Sistema Central y Sierra Morena, que definen respectivamente sus límites por el norte y por el sur. En el centro las Sierras Centrales Extremeñas separan las llanuras correspondientes a las cuencas del Tajo (Cáceres) y el Guadiana (Badajoz). Estas sierras, que son las estribaciones más occidentales de los Montes de Toledo, apenas se elevan entre 100 y 200 m. respecto a la altura de las llanuras al norte y al sur. Desde el punto de vista orográfico Extremadura se puede considerar por tanto como un territorio básicamente homogéneo entre el Sistema Central y Sierra Morena, con una línea divisoria en el centro que puede ejercer cierto efecto sobre las circulaciones locales, pero no sobre las de escala sinóptica. La continuidad del terreno tanto hacia el Oeste, hacia Portugal, como hacia el Este en ambas llanuras favorece el tránsito de las circulaciones en el eje E-O.

En cuanto las fuentes de **emisiones** interiores no existen grandes áreas urbanas o industriales. Aunque pueden ser significativas las emisiones de tráfico de la ciudad de Badajoz (en torno a 130.000 hab.), y en menor medida Cáceres y el grupo de poblaciones próximas entre sí formado por Mérida, Don Benito y Villanueva de la Sierra.

Y en cuanto a las circulaciones habituales de **viento**, en primavera y verano predomina el viento de componente O-SO sobre la mayor parte del territorio, y del NO en la parte sur (figura 8.9.5). Estas circulaciones pueden estar eventualmente asociadas al paso de un sistema frontal, pero en su mayor parte corresponden a las circulaciones de mesoescala. En el norte los vientos tienden a girar hacia componente S, debido al forzamiento orográfico de las laderas orientadas al sur del Sistema Central (el calentamiento que ejerce la radiación solar produce este forzamiento). Y en el sur tienden a girar a componente N debido al forzamiento de las laderas orientadas al norte de Sierra Morena.

La ausencia de grandes áreas de emisión dentro de Extremadura sugiere la intervención de otros factores, además de la producción fotoquímica a partir de las emisiones internas, que expliquen los niveles relativamente elevados registrados por la red. Entre ellos la posible acumulación de concentraciones en días sucesivos bajo condiciones de estabilidad atmosférica y estancamiento de la masa aérea. En estas situaciones se puede sumar el efecto de la subsidencia compensatoria que restringe la altura de la capa de mezcla, con el consiguiente aumento de las concentraciones a nivel de superficie. Por otro lado el predominio de circulaciones de componente O, sugiere una componente de transporte a nivel de superficie desde Portugal. Y en el norte no se puede descartar el transporte desde el área de Madrid durante la noche con viento del NE. Este transporte afectaría más a la

cuenca del Tajo y podría explicar los aparentemente mayores niveles en la provincia de Cáceres que en la de Badajoz. Sin embargo la escasez de datos de calidad en la estación de Monfragüe no permite analizar esta situación. En cualquier caso ambas son componentes a tener en cuenta, que no deben ser descartadas a priori.

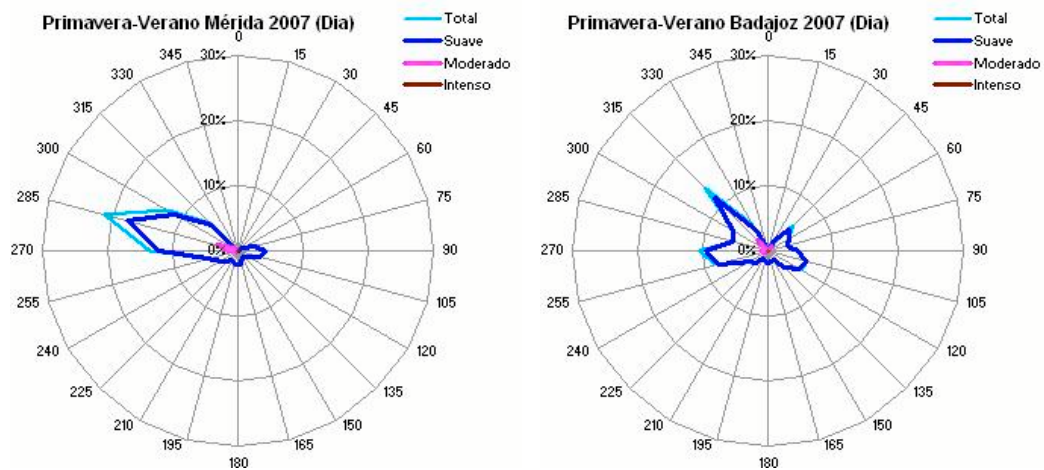


Figura 8.9.5: (Izda.) Rosas de viento de Primavera y verano entre las 7 y las 19 UTC correspondientes a Mérida y Badajoz. **Legenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s.

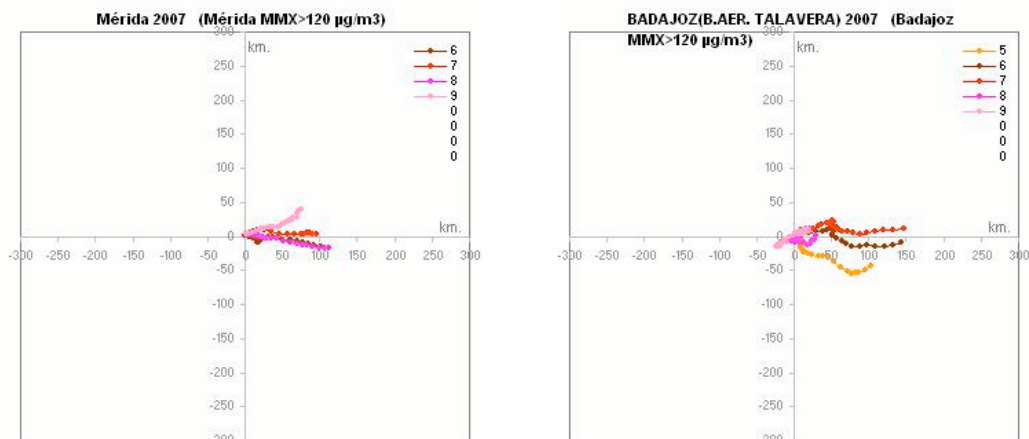


Figura 8.9.6: Seudotrajectorias mensuales promedio (ver definición en figura 7.2) calculadas a partir de los datos de las torres de Mérida y Badajoz para los días en que se supera los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en esas estaciones. En ambos casos las trayectorias son de Oeste a este, sugiriendo al menos en Badajoz el transporte de ozono desde Portugal.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.9.7 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por las estaciones rurales de la Extremadura. La pauta es similar a la registrada en la mayor parte de las redes de calidad del aire en España, y responde al ciclo anual de la radiación solar, que favorece una mayor capacidad de formación fotoquímica en los meses centrales del año.

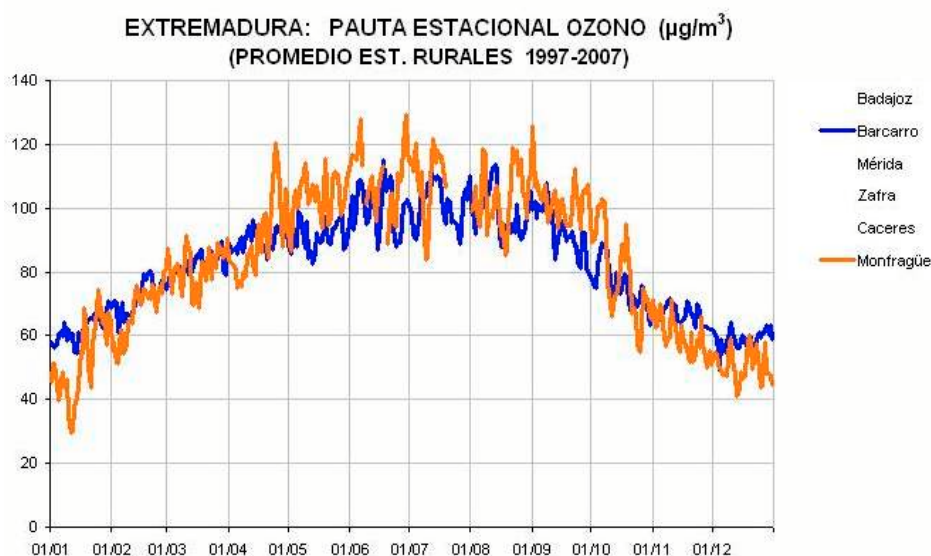


Figura 8.9.7: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Extremadura, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación frecuente en el norte del Valor Objetivo de Protección a la Salud.

La figura 8.9.8 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 (valores calculados a partir de los máximos octohorarios de Primavera-Verano) en Extremadura, y a la derecha la misma información en el conjunto de estaciones representativas para todo España.

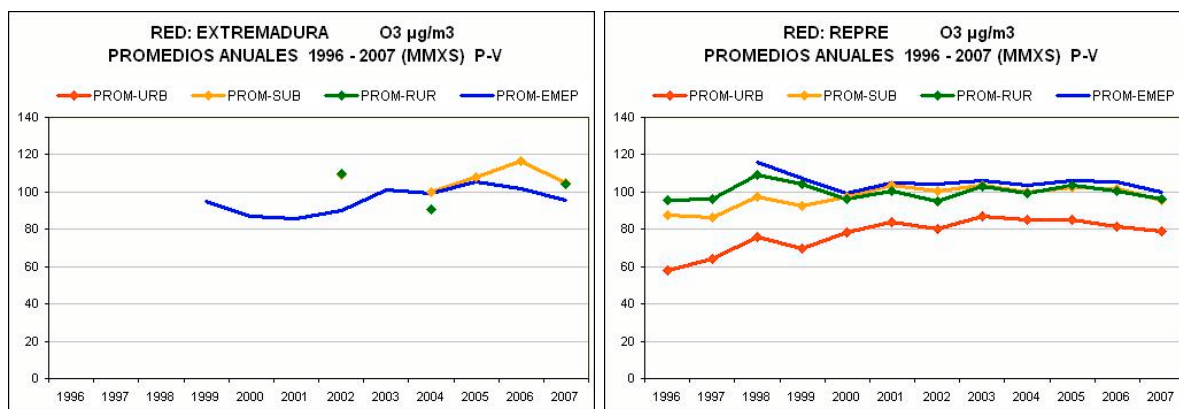


Figura 8.9.8: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Extremadura. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, corresponde a la selección de estaciones representativas para toda España. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

La estación EMEP de Barcarrota se ha representado independientemente de la estación de Monfragüe. Esta última estación, debido a la escasez de datos de calidad en los meses de primavera y verano, no permite disponer de una serie continua de valores para la serie Rural. Por otro lado la red de Extremadura es relativamente reciente en comparación con el resto de redes, y no proporciona series largas que permitan una buena comparación. En cualquier caso puede decirse que en 2007 Monfragüe se sitúa en niveles ligeramente por

encima del promedio de estaciones rurales a nivel nacional. La estación EMEP registra niveles similares o algo inferiores al promedio de estaciones EMEP de España. Y en cuanto las estaciones suburbanas se sitúan algo por encima que el mismo grupo a escala nacional (mucho más en 2006 a causa de los altos niveles registrados en Cáceres).

8.9.4. Revisión de Recomendaciones.

En el informe de Julio de 2007 se propuso la ampliación de la red con tres puntos de medida, de los cuales dos son aproximadamente equivalentes a las actuales estaciones de *Mérida* y *Zafra*. Se trataba con ello de mejorar el análisis del posible gradiente Norte-Sur que sugerían los datos de *Cáceres* y *Monfragüe* frente a los de *Barcarrota* y *Badajoz*, y también de analizar la posible conveniencia de dividir en dos la zona “*Extremadura Rural*”. Los datos de *Mérida* no contradicen la hipótesis de un gradiente N-S, con mayores concentraciones en el norte (*Cáceres* y *Monfragüe* registran los mayores niveles con 45 y 34 superaciones del VOLP en 2007). Sin embargo, los datos de la estación de *Zafra* muestran niveles del mismo orden o mayores que en *Monfragüe* (la AOT40 en 2007 es la mayor de la red). En consecuencia, con los datos actuales no hay razones para tal división.

Hay que tener en cuenta que tanto las estaciones de *Zafra* y *Mérida*, de las que se dispone únicamente de un año completo de datos, como la estación de *Monfragüe*, donde se han anulado una gran cantidad de las medidas, proporcionan datos poco representativos desde el punto de vista de su escasa cobertura temporal. Por este motivo el diagnóstico realizado debería ser revisado en el futuro con los nuevos datos que se dispongan de 2008 y 2009.

Se proponen ahora dos puntos de medida complementarios a la red actual. Uno en el entorno de **Cedillo**, en el extremo más occidental de Extremadura, y muy próximo a la frontera con Portugal (este punto ya se propuso en el informe de Julio de 2007). Y un segundo punto en el extremo opuesto, en el entorno de **Herrera del Duque** (ver figura 8.9.9). Con el primero se trata de registrar los niveles de ozono que pueden penetrar desde Portugal sobre la mitad norte de Extremadura, ayudando a confirmar la situación que sugieren los datos de la estación de Badajoz. Y el segundo se propone para valorar el gradiente Este-Oeste, además de ubicarse en un punto que puede ser representativo de toda la parte oriental de Extremadura, donde no se cuenta actualmente con ningún punto de medida.

Los dos emplazamientos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidad móvil, equipada al menos con monitores de Ozono, NOx y torre meteorológica. A partir de los resultados de la campaña se determinaría si efectivamente son puntos adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se revisaría la posibilidad, de momento descartada, de modificaciones en la zonificación. Se requiere en cada punto entre uno y dos meses de medidas, de forma continuada o en dos periodos alternados de 15 días, entre Abril y Septiembre. En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...).



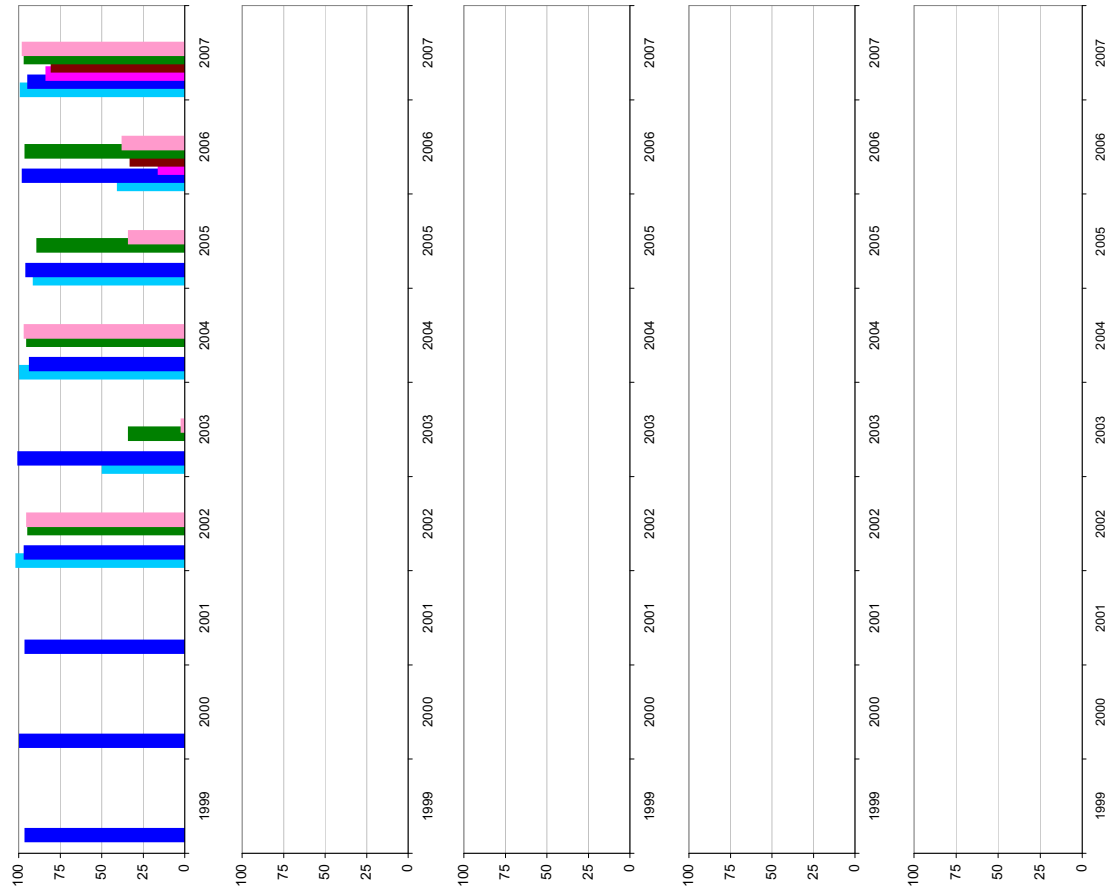
Figura 8.9.9: Mapa de Extremadura con los emplazamientos de medida propuestos. (Puntos propuestos para realización de campaña previa con unidades móviles)

8.9.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

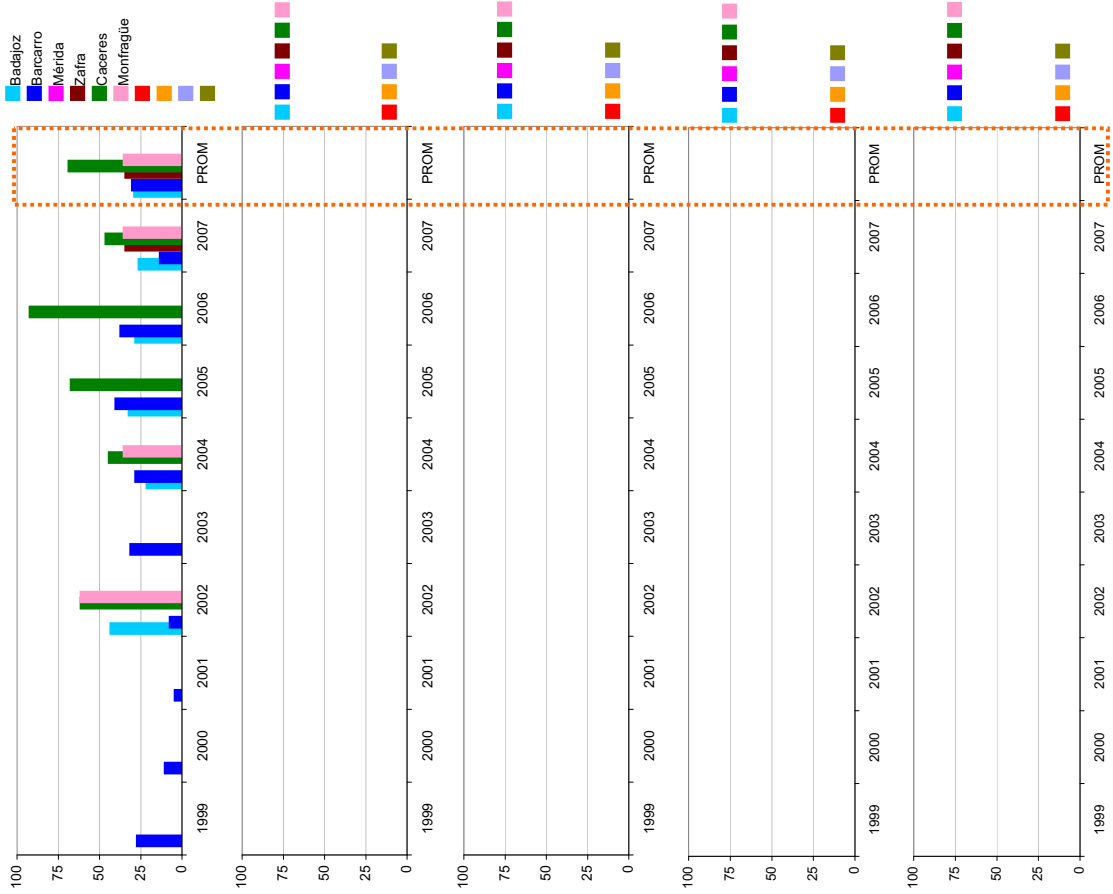
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Extremadura las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

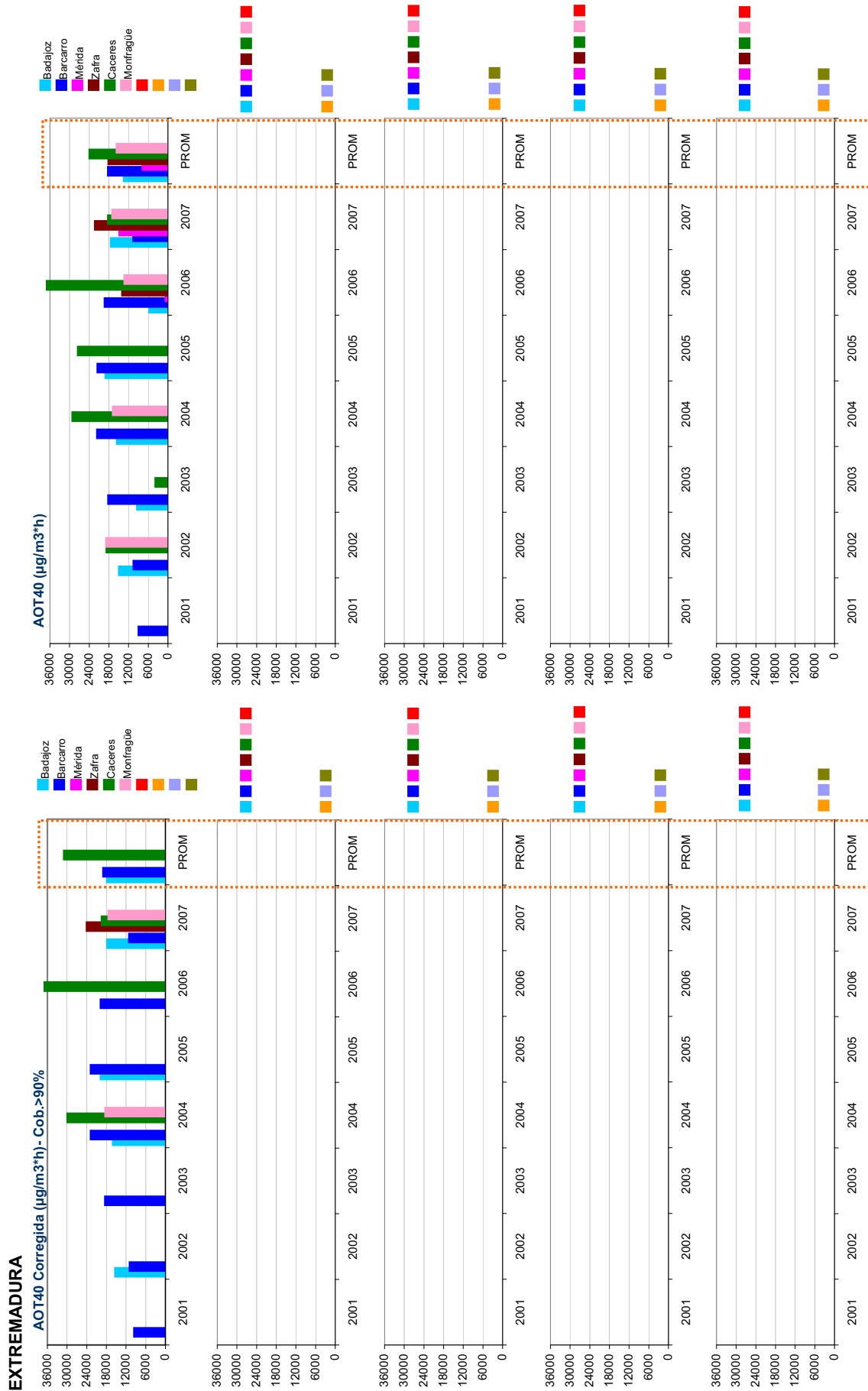
EXTREMADURA

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.10. Optimización de la red de calidad del aire de Galicia.

8.10.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del Aire de Galicia cuenta en 2007 con 28 estaciones automáticas. De ellas la mitad están dotadas con monitor para la medida de ozono. Estas 14 estaciones se distribuyen en 7 urbanas, 2 suburbanas, y 5 rurales. Las estaciones urbanas se localizan en las 4 capitales de provincia, y en las ciudades de Vigo, Ferrol y Santiago, y son estaciones orientadas fundamentalmente a la vigilancia de las emisiones primarias del tráfico. Las restantes son el grupo de 5 estaciones rurales ubicadas en el entorno de la Central Térmica de As Pontes (distribuidas en un radio de unos 20 km. y en todas las direcciones de la chimenea), la estación EMEP de *O Saviñao*, y la estación suburbana *Escuela Naval*, en Marín.



Figura 8.10.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Galicia en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

La nueva ubicación de la estación de Santiago en el Campus Universitario (en una localización que más que urbana bien podría clasificarse de suburbana), y la también nueva estación de Ferrol, son las dos únicas novedades en la red de ozono respecto a 2005. Sin embargo estas estaciones comenzaron a operar a finales de 2007, de manera que no aportan en realidad datos para su análisis en este estudio (que abarca el periodo de datos 1995-2007). Además, se han dado de baja las estaciones de *Pastoriza*, *Campelo* y *Campo de Fútbol*, pero ninguna de ellas estaba provista de monitor de ozono. Por tanto, la configuración de la red de ozono apenas ha variado respecto al diagnóstico que se realizó en el informe de Julio de 2007, en base a los datos disponibles entonces hasta 2005.

Por su parte la zonificación delimita 16 zonas de calidad del aire. Por un lado el grupo de 7 aglomeraciones compuesto por las cuatro capitales de provincia, más las ciudades Vigo,

Santiago y Ferrol. Y por otro 9 zonas de tipo no aglomeración donde se distinguen 3 de tamaño medio en la vertiente litoral (Sur Rías Baixas, Fisterrea-Santiago y Ordes-Eume), y dos más grandes interiores (Límia-Miño y Terra Cha). El mapa se completa con 4 zonas más reducidas (A Mariña, Ortegal, Arteixo y Valdeorras) todas ellas en posiciones periféricas.

La tabla 8.10.1 muestra el listado de zonas, con algunas de sus características y con la distribución de estaciones por tipo de entorno.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1201	A CORUÑA	8	243,785	SÍ	--	--	1
ES1202	FERROL	6	83,048	SÍ	--	--	1
ES1203	SANTIAGO	4	93,672	SÍ	--	--	2
ES1204	LUGO	5	85,174	SÍ	--	--	1
ES1205	OURENSE	6	107,060	SÍ	--	--	1
ES1206	PONTEVEDRA	4	74,287	SÍ	--	--	1
ES1207	VIGO	6	286,774	SÍ	--	--	1
ES1208	A (FERROLTERRA-ORTEGAL)	999	102,388	NO	1	--	--
ES1210	C (TERRA CHÁ)	10023	310,676	NO	1	--	--
ES1211	D (VALDEORRAS)	840	26,526	NO	--	--	--
ES1212	E (A LÍMIA-MIÑO)	7458	323,236	NO	--	--	--
ES1213	F (SUR DAS RÍAS BAIXAS)	1892	363,855	NO	--	1	--
ES1214	G (FRANJA FISTERRA-SANTIAGO)	3880	327,250	NO	--	--	--
ES1215	H (A MARIÑA)	172	16,681	NO	--	--	--
ES1216	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	4137	276,146	NO	3	1	--
ES1217	I (ARTEIXO)	94	23,175	NO	--	--	--

Tabla 8.10.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie expresada en Km². En Santiago el traslado de la misma estación se contabiliza como 2 estaciones diferentes)

Abajo a la izquierda en la figura 8.10.2 el gráfico muestra la evolución del número de estaciones de ozono, totales y por tipo de entorno (Urbana, Suburbana, Rural). Y el gráfico de la derecha muestra la distribución de estaciones por tipo de zona y de entorno.

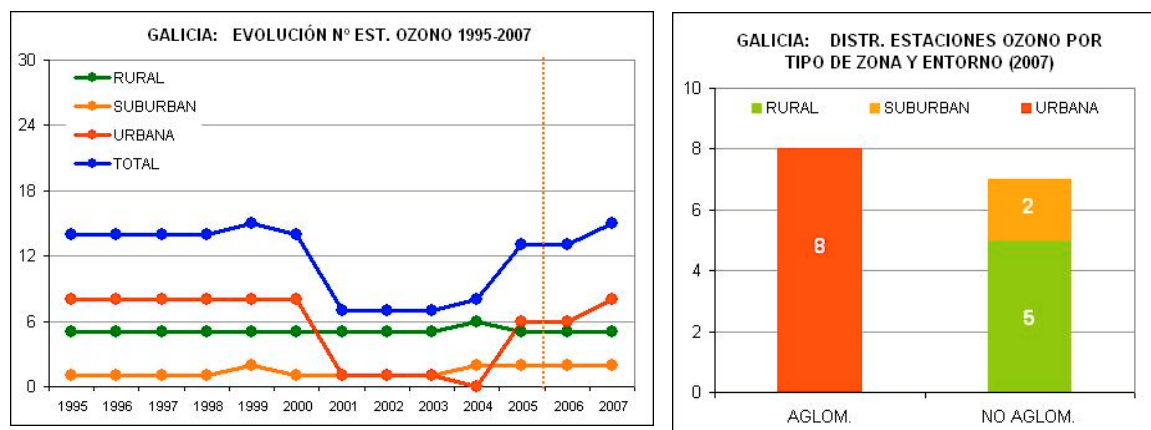


Figura 8.10.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

Llama la atención la caída en el número de estaciones urbanas entre 2001 y 2004. La información disponible hace pensar que más que a cambios en la red, el "bache" se debe realmente a la no utilización de los datos de estas estaciones en dicho periodo de 4 años

(ver gráfico 8.10.3 donde se aprecian huecos en la cobertura de varias estaciones coincidentes con este periodo).

En relación con los requisitos del Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas-Suburbanas (se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% por ciento de ellas en aglomeraciones), ninguna de las aglomeraciones lo cumplen. En todos los casos la estación debería trasladarse a un emplazamiento de tipo suburbano. Y del resto de zonas solo Ordes-Eume y Sur Rias Baixas disponen de una estación suburbana (*Magdalena* y *Escuela Naval* respectivamente).

Como valoración general puede decirse que se trata de una red con una cobertura espacial que abarca todo el territorio de Galicia. Sin embargo, si se prescindiese de las estaciones urbanas, con un radio de representatividad limitado en cuanto a la vigilancia del ozono, la distribución de las estaciones restantes consiste en un punto centrado, *O Saviñao*, uno costero, *Escuela Naval*, y en el grupo de cabinas de la red de la C.T. de As Pontes. Estas últimas registran con alguna frecuencia el impacto de las emisiones de la chimenea de la C.T., pero pueden considerarse representativas de los niveles de ozono en el norte de Galicia. De todos modos todas estas cabinas no proporcionan una cobertura suficiente para la adecuada vigilancia de los niveles de ozono.

Por otro lado Galicia, como el resto las CCAA de la vertiente cantábrica, registra niveles de ozono relativamente bajos en comparación con el resto de España. Estos niveles la sitúan por debajo del Valor Objetivo, aunque por encima del Objetivo a Largo Plazo (ver mapa de la figura 4.1). Por esta razón la optimización de la red de Galicia no requiere ampliar excesivamente el número de puntos de medida, siempre que se modifique el mapa de zonificación. En caso contrario, con la zonificación actual y con los requisitos que impone la legislación en cuanto al número y tipo de estaciones en cada zona (Anexo VI del RD 1796/2003), si se precisaría al menos trasladar un buen número de cabinas a emplazamientos de tipo suburbano.

8.10.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.10.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.10.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se han anulado datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado el 7.56 % de los datos en el periodo 1996-2007. Y de los dos últimos años procesados en este estudio, 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 1.16 % y el 10.59 %. Los periodos más largos de datos anulados en 2007 (superiores a un mes) corresponden a las cabinas: *Lugo* del 19/10 al 31/12, *Pontevedra* del 26/03 al 22/05, y del 30/05 al 2/07, *Orense* del 2/03 al 27/04, *Corlab1* del 2/06 al 5/07, y del 24/07 al 15/9. En el primer caso se apreció un desplazamiento de las medidas en +25 g/m³ aproximadamente, y en todos los demás casos se trata de concentraciones anormalmente bajas, no adjudicables a causas naturales.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E15030001	Corlab 1	Coruña (A)	A CORUÑA	Coruña (A)	URBANA
E15030011	Corlab 2	Coruña (A)	A CORUÑA	Coruña (A)	URBANA
E15036003	Ferrol	Ferrol	FERROL	Coruña (A)	URBANA
E15050003	Taboada	Monfero	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	Coruña (A)	RURAL
E15057999	Noia	Noia	GALICIA ZONA G (FRANJA FISTERRA-SANTIAGO)	Coruña (A)	RURAL
E15070002	Magdalena (B1)	Pontes de García Rodríguez (As)	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	Coruña (A)	SUBURBAN
E15070006	Fr. Redonda	Pontes de García Rodríguez (As)	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	Coruña (A)	RURAL
E15076001	Vilanova (G2)	San Sadurniño	GALICIA ZONA A (FERROL TERRA-ORTEGAL)	Coruña (A)	RURAL
E15078002	Santiago	Santiago de Compostela	SANTIAGO	Coruña (A)	URBANA
E15078007	Compostela	Santiago de Compostela	SANTIAGO	Coruña (A)	URBANA
E27028004	Lugo	Lugo	LUGO	Lugo	URBANA
E27033001	Louseiras	Muras	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	Lugo	RURAL
E27058999	O Saviñao	O Saviñao	GALICIA ZONA C (TERRA CHÁ)	Lugo	RURAL
E27065004	Mourence	Vilalba	B2 (FRANJA ÓRDES-EUME II)	Lugo	RURAL
E32054004	Ourense	Ourense	OURENSE	Ourense	URBANA
E36026001	Marin	Marin	GALICIA ZONA F (SUR DAS RÍAS BAIXAS)	Pontevedra	SUBURBAN
E36026002	Esc. Naval	Marin	GALICIA ZONA F (SUR DAS RÍAS BAIXAS)	Pontevedra	SUBURBAN
E36038005	Pontevedra	Pontevedra	PONTEVEDRA	Pontevedra	URBANA
E36038009	Brillat	Pontevedra	PONTEVEDRA	Pontevedra	URBANA
E36057019	Vigo	Vigo	VIGO	Pontevedra	URBANA

Tabla 8.10.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007.

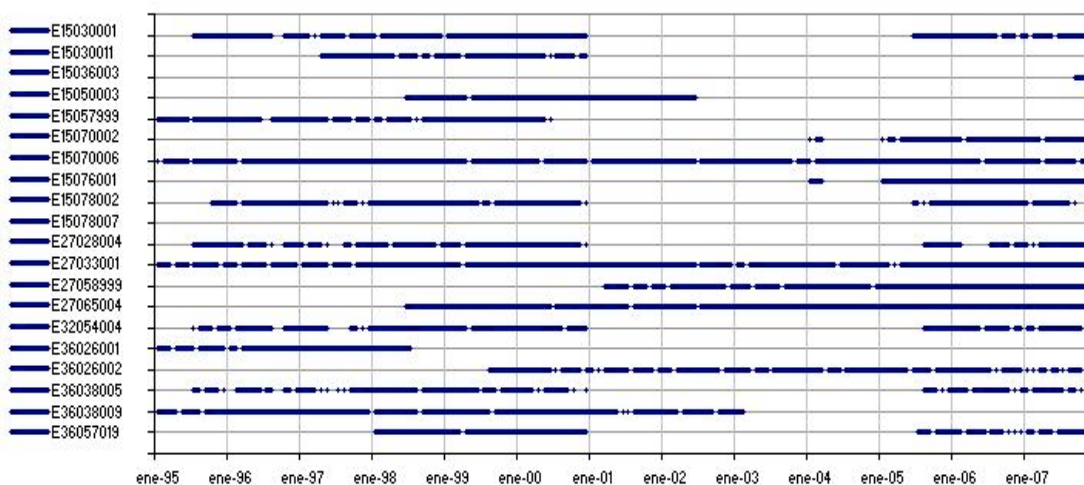


Figura 8.10.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Tampoco en esta ocasión, al igual que se señaló en el anterior informe de Julio de 2007, se ha contado con medidas de variables meteorológicas de ninguna de las estaciones de la red de ozono excepto de O Saviñao. Y en esta estación los datos de dirección viento no son fiables puesto que muestran cambios anormales en el patrón en 2003, 2004, y 2006 (ver figura 8.10.4). Solo se ha dispuesto de registros meteorológicos del periodo 1999-2001 de un grupo de 6 estaciones que no miden ozono (Arteixo, San Vicente de Vigo, Mesón, Pastoriza, Vilagudín y A Barxa), las 5 primeras en el entorno de La Coruña y muy próximas entre sí, y la última en la costa de Lugo. Por otro lado, las series de datos de estas estaciones no ofrecen en todos los casos medidas fiables.

Como consecuencia la interpretación de los datos ha planteado más dificultades de las deseables (la metodología aplicada en este estudio comienza precisamente con el análisis previo de los datos meteorológicos). Esta parte fundamental de la base de datos se ha podido suplir parcialmente con datos de torres de AEMET suministrados por el Ministerio

de Medio Ambiente, aunque solo para el año 2005 y 2006, y en muy escasos puntos también para 2003, 2004 y 2007 (figura 8.10.5). Los datos de AEMET plantean igualmente en muchos de los casos dudas sobre su calidad.

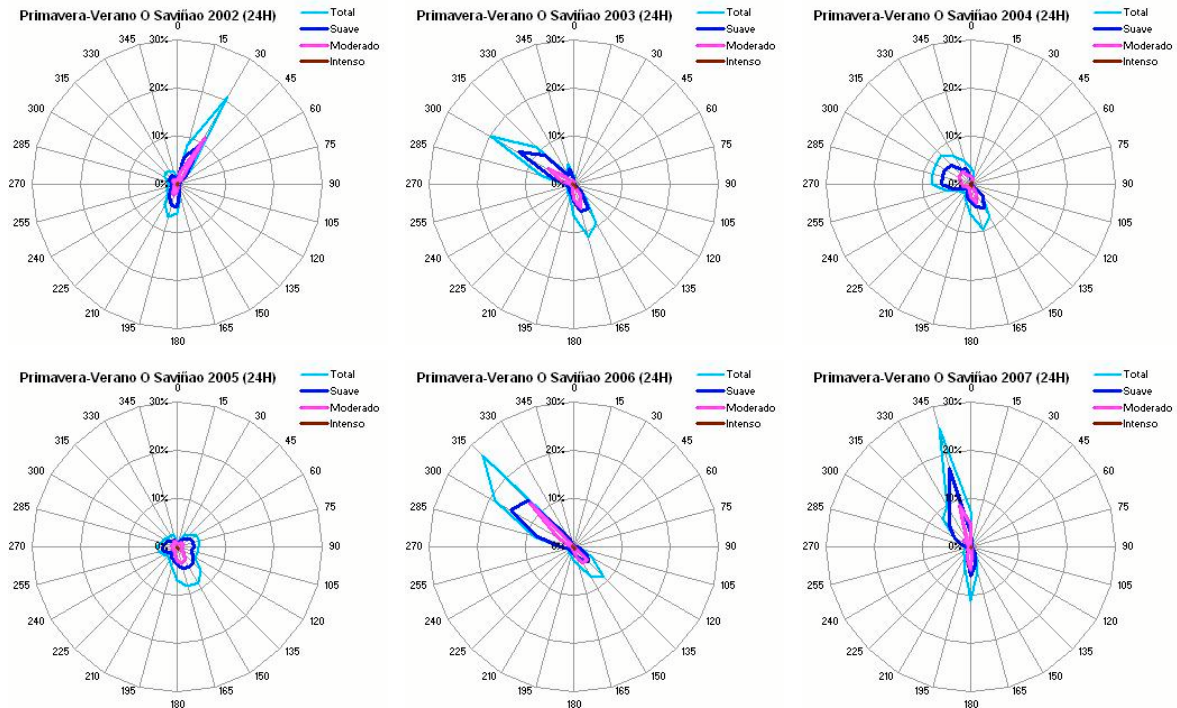


Figura 8.10.4: Rosas de viento de la cabina de O Saviñao de 2002 a 2007 (Abril-Septiembre). Los cambios continuos en el patrón y la falta de datos de calidad de otras torres que permitan contrastar estos, no permite determinar en que fechas está midiendo bien y en cuales no. La posible canalización que ejerce el cañón del río Miño en esta zona, y la pantalla que podría ejercer la sierra del faros sobre los vientos de componente O, sugiere que el patrón real de los vientos responde al que muestra la rosa de 2007, pero esto es también difícil de determinar.



Aunque se pierde en gran medida la representatividad estadística al disponer únicamente de un año, y también la valiosa coincidencia del punto de medida para ozono y para variables meteorológicas, si se ha conseguido la identificación de los rasgos más característicos de la dinámica de contaminantes en este territorio.

Figura 8.10.5: Red de torres de AEMET disponibles en Galicia.

8.10.3. Dinámica del ozono en Galicia.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Galicia. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El territorio gallego es el más septentrional y a la vez el más occidental de España. Su situación en la península determina regímenes meteorológicos que en algunos aspectos comparte con el resto del litoral Cantábrico. En toda esta franja los vientos en primavera y verano son con frecuencia de componente NE, cuando el anticiclón de las Azores se extiende hacia Centroeuropa. En muchas ocasiones estos vientos se alternan en toda Galicia con vientos de componente SO, propiciados por el paso de frentes asociados a bajas presiones en tránsito por el atlántico norte. Esta alternancia de vientos de escala sinóptica impide en general la acumulación de contaminantes, y mantiene niveles de ozono habitualmente por debajo de los que se registran en el centro o en el litoral mediterráneo de la península (ver rosas de viento de la figura 8.10.6). Por otra parte la menor incidencia de la radiación solar y la mayor nubosidad contribuyen igualmente en el mismo sentido.

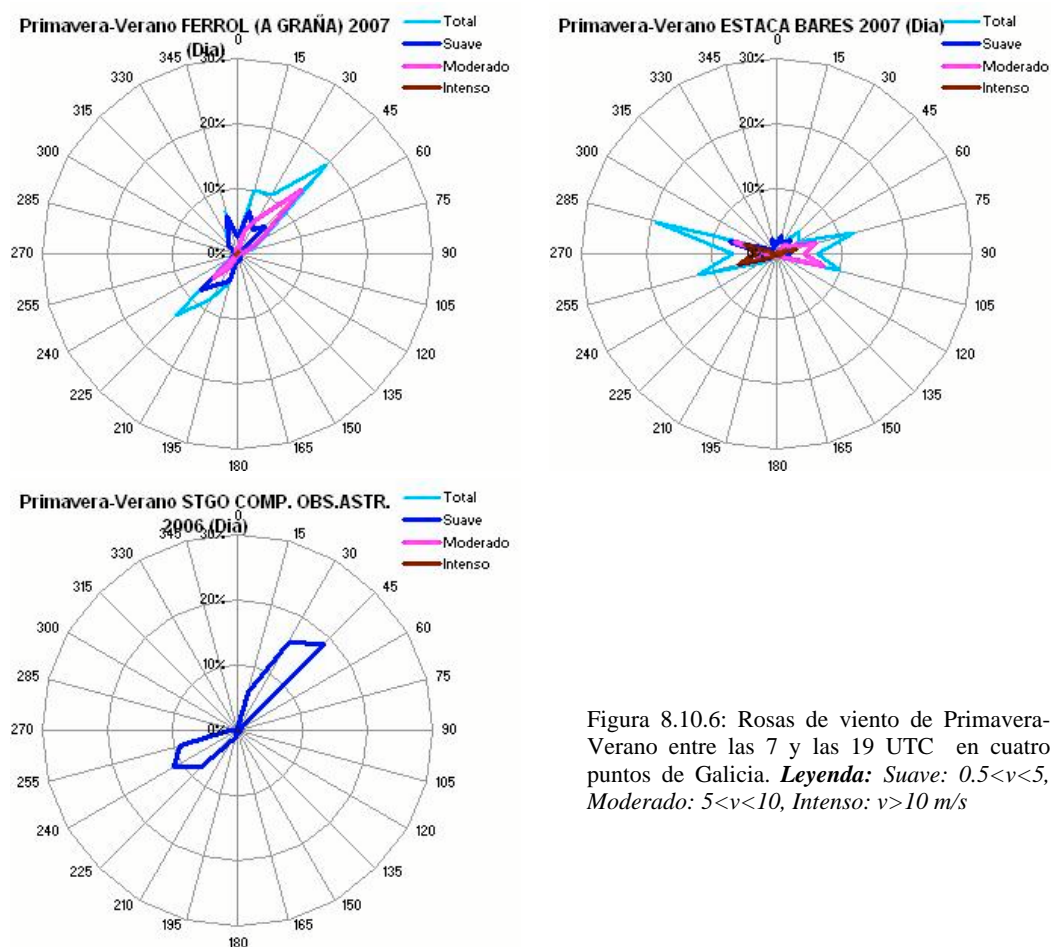


Figura 8.10.6: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en cuatro puntos de Galicia. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Por otro lado el relieve es relativamente complejo debido a la cantidad de valles con

distinta orientación, aunque solo se supera la cota de los 1500 m en la Sierra de Ancares, y en las Sierras Occidentales de los Montes de León, que definen los límites orientales de Galicia. Esta circunstancia junto a la orientación perpendicular entre sus costas Cantábrica y Atlántica, determina la forma en que se configuran las circulaciones locales.

Estas circulaciones pueden llegar a desarrollarse en verano durante periodos de transición sin gradiente sinóptico entre las dos situaciones anteriores (advecciones del NE y del SO de escala sinóptica). La escasez de datos meteorológicos de calidad no ha permitido caracterizar adecuadamente el alcance de estas circulaciones, brisas en la costa y vientos de ladera en el interior, que eventualmente pueden llegar a acoplarse y favorecer mayores recorridos.

Estos periodos con ausencia de gradiente general, bajo condiciones de cielos despejados y temperaturas más elevadas que propician el desarrollo de circulaciones de escala local, son precisamente los que dan lugar a los mayores niveles de ozono en Galicia, llegando a superar en ocasiones el umbral de Información a la Población ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Habitualmente duran entre dos y cuatro días, el tiempo que media entre el paso de un frente depresionario y la instalación de nuevo del NE (o a la inversa), y se registran en varias ocasiones al año en los meses de primavera verano.

En todos los casos bajo estas situaciones se registran niveles elevados en todo o en la mayor parte del territorio (las concentraciones de O Saviñao y Escuela Naval, y la estación EMEP de Noia mientras estuvo operativa, generalmente siguen el comportamiento de las del grupo de As Pontes). La figura 8.10.7 muestra un ejemplo que muestra la evolución del ozono en uno de estos periodos (no es el mejor disponible, pero es de los pocos para los que se dispone de series meteorológicas que lo ilustren).

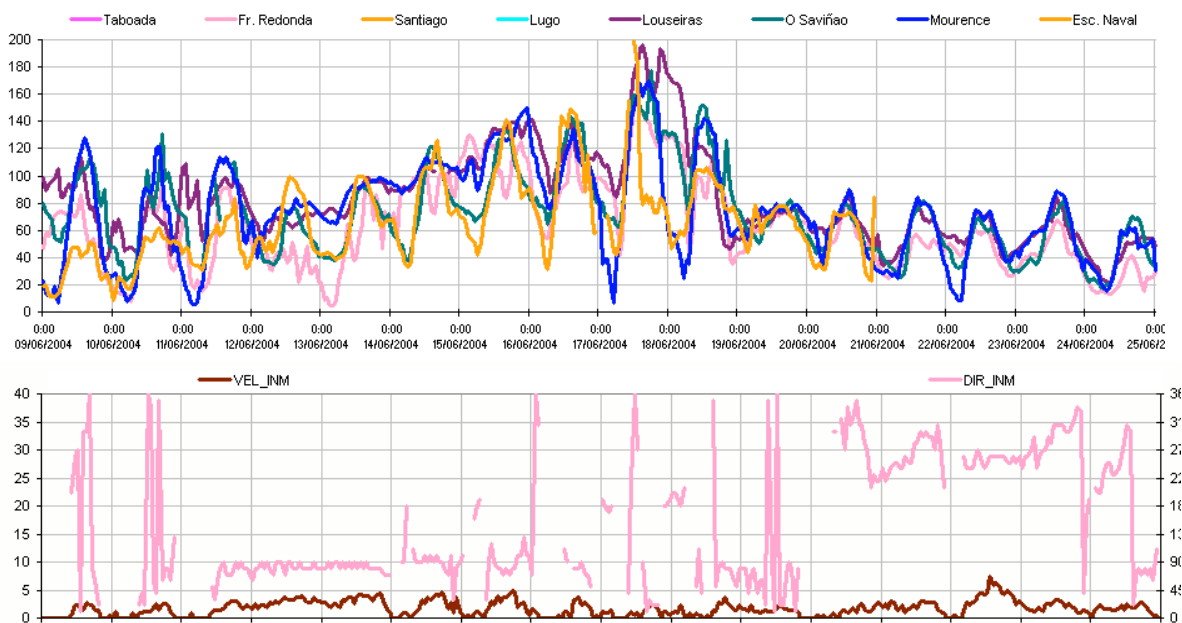


Figura 8.10.7: Series de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el periodo del 9 al 24 de junio de 2004 en varias estaciones de la red. Datos meteorológicos de la torre del AEMET en Rozas, Lugo (Hora UTC). Los días previos al episodio del día 17 predomina la circulación del E forzada por el anticiclón de las Azores con su centro desplazado sobre las islas británicas (ver mapa de la izquierda en la figura siguiente). El 16 y 17 el viento suave que “arranca” avanzada la tarde es indicativo de circulaciones locales, con estancamiento la primera mitad del día. Finalmente el día 20 un frente de componente N limpia y reduce drásticamente los niveles (mapa de la derecha en la figura siguiente).

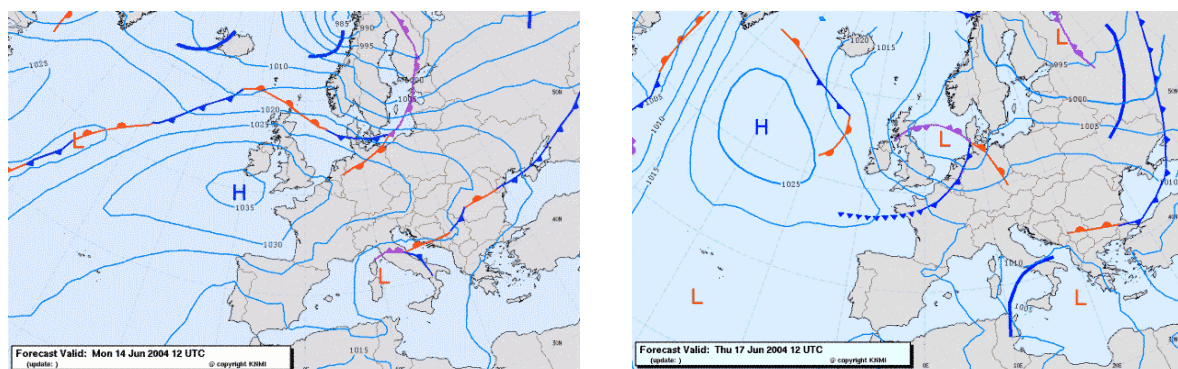


Figura 8.10.8: Mapas de presión a nivel de superficie de los días 14 y 17. El segundo muestra la ausencia total de gradiente de presión en la península.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.10.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por las estaciones rurales de la red de Galicia. La pauta es similar a la registrada por las redes de Asturias o Cantabria, y diferente a la del resto de redes. Los máximos se registran habitualmente en Abril-Mayo-Junio, y van seguidos de un mínimo relativo en el mes de Julio-Agosto, que coincide con los niveles máximos en el resto de España. Como se ha señalado este perfil estacional está causado por el efecto de los vientos del NE asociados al anticiclón de las Azores. Estos vientos contribuyen a la dispersión de los contaminantes, e impiden por otro lado la acumulación y recirculación de ozono durante varios días, al modo en que ocurre en el centro y en la vertiente mediterránea. Una consecuencia de esta dinámica es la poca cantidad de superaciones de los valores objetivo establecidos por el ozono.

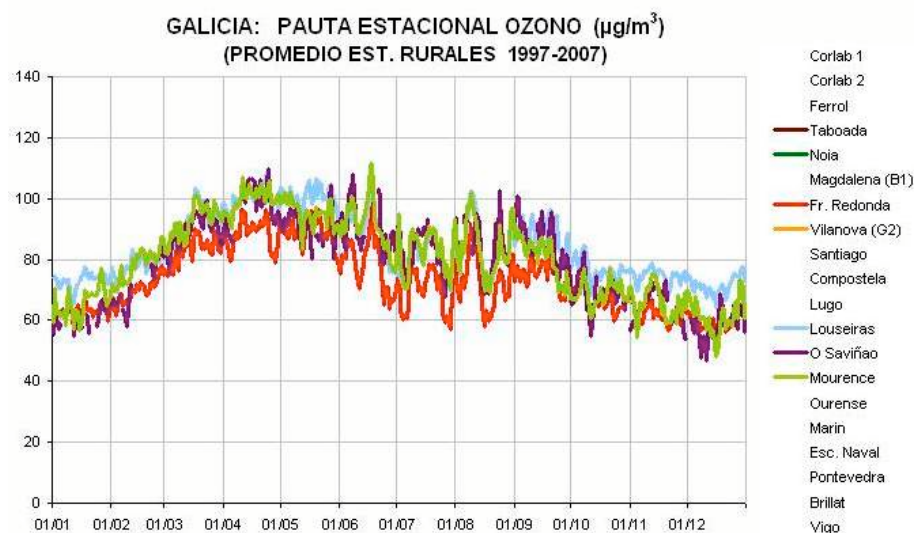


Figura 8.10.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Galicia, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en Abril-Junio seguidas de un mínimo relativo en Julio y Agosto. Incluso en estos meses los niveles permanecen en promedio sensiblemente por debajo del Valor Objetivo a largo plazo de protección a la salud. Este comportamiento se observa también en el resto de las redes de la costa cantábrica.

La figura 8.10.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones, con las series de promedios anuales de Primavera-Verano por tipo de entorno, en el periodo 1996-2007 en Galicia. Y a la derecha la misma información para el conjunto de estaciones representativas para todo España. Los datos disponibles no revelan tendencias significativas. Las estaciones rurales muestran niveles relativamente estabilizados desde 2004 en torno a los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, unos $15\text{-}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por debajo del mismo grupo a nivel nacional. En cuanto a las estaciones urbanas, aunque la escasez de datos entre 2001 y 2005 no proporciona promedios representativos en ese periodo, los niveles se sitúan en torno a los $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Llama la atención en este grupo el incremento notable de 2006 a 2007, tránsito que en el caso de las estaciones rurales se manifiesta como una pequeña reducción. Este incremento puede estar acentuado por los datos de las cabinas de Pontevedra y Santiago, cuyos registros en 2007 son sensiblemente más elevados que en años previos.

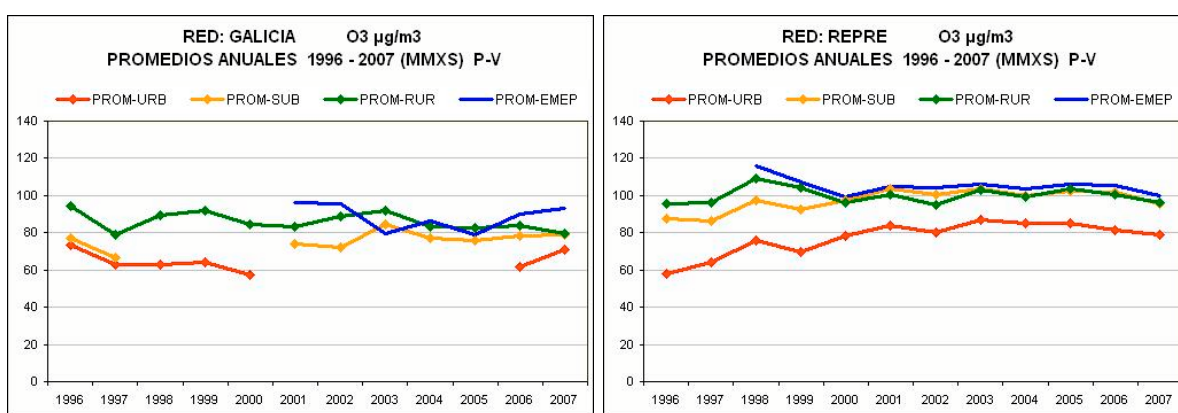


Figura 8.10.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Galicia. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.10.4. Revisión de Recomendaciones.

En cuanto a la vigilancia del ozono, como ya se señaló al principio, la red de Galicia no ha cambiado de configuración respecto a la que tenía en 2005, sobre la base de la cual se emitieron las recomendaciones en el informe de Julio de 2007. Debido a ello las propuestas recogidas en este apartado no difieren mucho de aquellas. En relación con los puntos de medida complementarios se pretende obtener información en algunas partes del territorio que no están suficientemente cubiertas con la distribución actual (en 2007), y en otros puntos que por su situación geográfica pueden servir para registrar los niveles de fondo que puedan entrar desde el mar o la posibilidad de transporte desde Portugal. Y en cuanto a las modificaciones propuestas al mapa de zonificación, al menos en cuanto al ozono los niveles relativamente homogéneos en Galicia (áreas urbanas aparte), permiten reducir el número de zonas.

La **propuesta de zonificación** que muestra la figura 8.10.11 delimita tres zonas diferenciadas que abarcan la franja costera del norte, la franja de las Rías Bajas y el resto del territorio interior. Esta propuesta de zonificación obedece por un lado a la distribución eminentemente costera de las emisiones urbanas e industriales (las ciudades de Vigo, Pontevedra, La Coruña, las C.T.s de As Pontes, Meiramar y Sabón, el Complejo de Repsol

en Arteixo, las instalaciones de ENCE en Pontevedra, la autopista Vigo-Coruña, las emisiones de buques y embarcaciones en puertos pesqueros y de mercancías, etc.), pero también a factores meteorológicos. La escasez de datos meteorológicos no ha permitido caracterizar adecuadamente las circulaciones de escala local y de mesoescala que se pueden desarrollar en los periodos sin gradiente general de presiones. En cualquier caso se presume que estas circulaciones (a las que están asociadas los mayores niveles de ozono), y también las circulaciones del NE, afectan de forma diferente a la franja costera y a la interior.

Los resultados de superaciones de los valores objetivo de protección a la salud y a la vegetación, básicamente a partir de los datos que proporcionan las escasas cabinas rurales y suburbanas, también apoyan esta división de zonas. Aunque los niveles se mantienen en todos los casos por debajo de estos valores legislados, las superaciones son algo más abundantes en *Louseiras* y *Mourence*, algunas menos en *O Saviñao*, y apenas en la zona de las Rías Bajas (tomando como referencia los resultados de 2001 a 2005 en *Escuela Naval*, ya que la cobertura temporal de esta estación en 2006 y 2007 es claramente insuficiente).



Figura 8.10.11: Mapa de Galicia con los emplazamientos de medida y las modificaciones del mapa de zonas propuestas. (Puntos propuestos para realización de campaña previa con unidades móviles. En los pares de puntos etiquetados como 2 y 3 será conveniente la medida simultánea en caso de que se disponga de dos U.M)

Para mejorar la vigilancia de la calidad del aire relativa al ozono se proponen seis **puntos de medida complementarios** a la red actual, en los entornos de Laxe-Camariñas, Corredoira-Cerdedo, Vila de Cruces-Mellide, Xinzo-Verín, O Barco y Becerreá. Los cuatro primeros son los mismos que ya se propusieron en el informe de Julio de 2007, y los dos últimos, junto con Verín-Xinzo, servirán para analizar la representatividad de O Saviñao para todo el territorio del interior.

El emplazamiento de Laxe-Camariñas pretende cubrir por una lado el área a sotavento de las emisiones urbanas e industriales de A Coruña y su entorno bajo situaciones NE. Y por otro, las medidas en este punto servirán como referencia de los niveles de fondo que puedan penetrar desde la costa con viento de componente O y bajo régimen de brisas.

El emplazamiento de Corrediora-Cerdedo se propone para registrar los niveles a sotavento de Vigo y Pontevedra en situaciones de brisa, donde se pueden presumir los mayores niveles en el área de las Rías Bajas. Y el de Vila de Cruces-Mellide ejerce la misma función en un punto más interior, dentro del amplio valle del Ulla, y no obstaculizado por barreras montañosas hacia el oeste, como ocurre con la Sierra del Faro respecto de O Saviñao.

El emplazamiento Xinzo-Verín, próximo a la frontera con Portugal, se propone para analizar las concentraciones en un área donde se puede presumir la entrada de masas de aire con contenido en ozono procedentes del norte de Portugal. Este punto junto con el de Becerreá servirá igualmente para caracterizar mejor el gradiente de concentraciones en el área interior.

Por último el emplazamiento O Barco también responde al interés de caracterización de ese gradiente, y por otro lado permitirá confirmar la necesidad de una estación fija en la zona *Valdeorras* en caso de mantenerse la actual zonificación (si se confirman, como es previsible, niveles por encima del Objetivo a Largo Plazo) .

Alguno de estos puntos pueden ser redundantes entre sí (ej: O Saviñao - Becerrá-O Barco-Xinzo; Corredoira-Vila de Cruces). Los emplazamientos están concebidos para la realización de campañas de medidas con unidad móvil equipada al menos con monitores de Ozono, y torre meteorológica. A partir de los resultados de las campañas se podrán confirmar las hipótesis planteadas, y se seleccionarían los puntos adecuados para formar parte de los emplazamientos permanentes de la red. Así mismo se confirmaría la conveniencia de implementar las modificaciones propuestas en la zonificación.

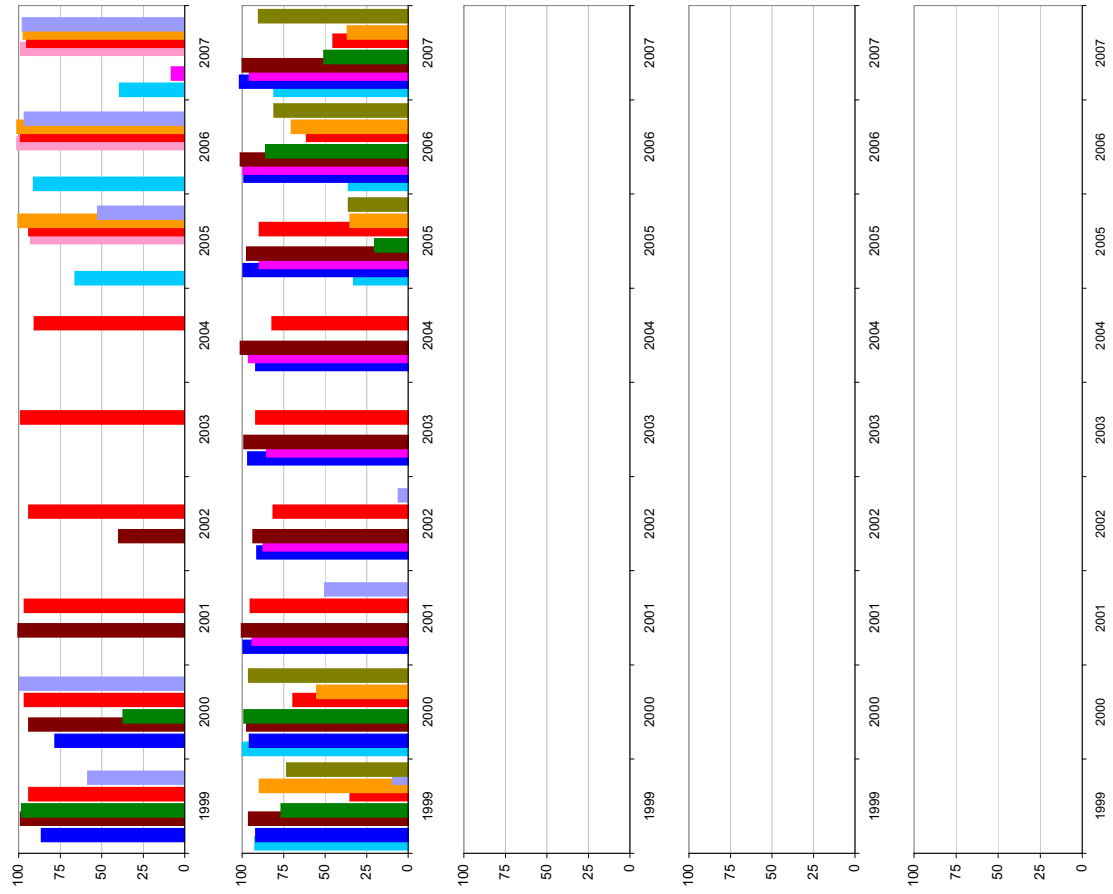
Se requiere en cada punto dos meses de medidas, de forma continuada o en dos periodos alternados de un mes, entre Abril y Septiembre. En las parejas de puntos etiquetados como 2 y 3 será conveniente la medida simultánea en caso de que se disponga de dos unidades móviles. En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones urbanas e industriales...).

8.10.5. Gráficos de superaciones de valores objetivo en 1999-2007.

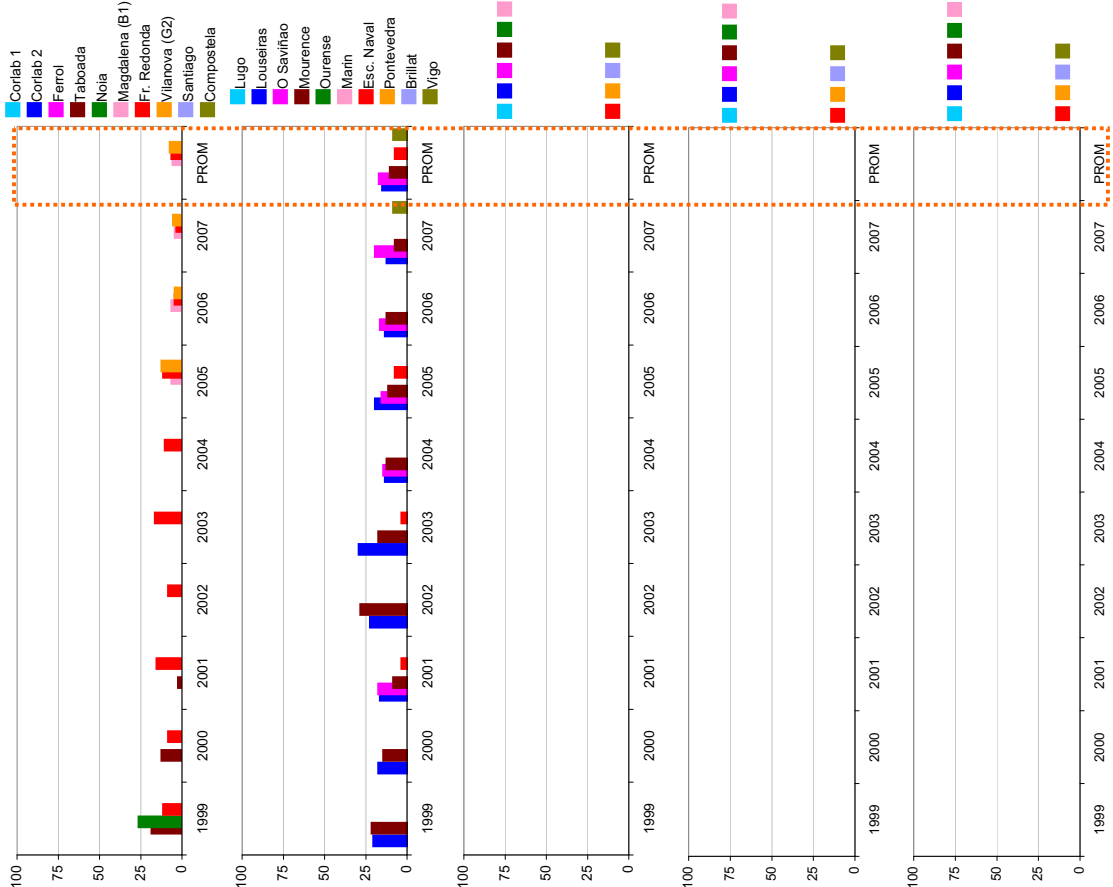
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Galicia las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

GALICIA

COBERTURA(%)ABRIL-SEPTIEMBRE

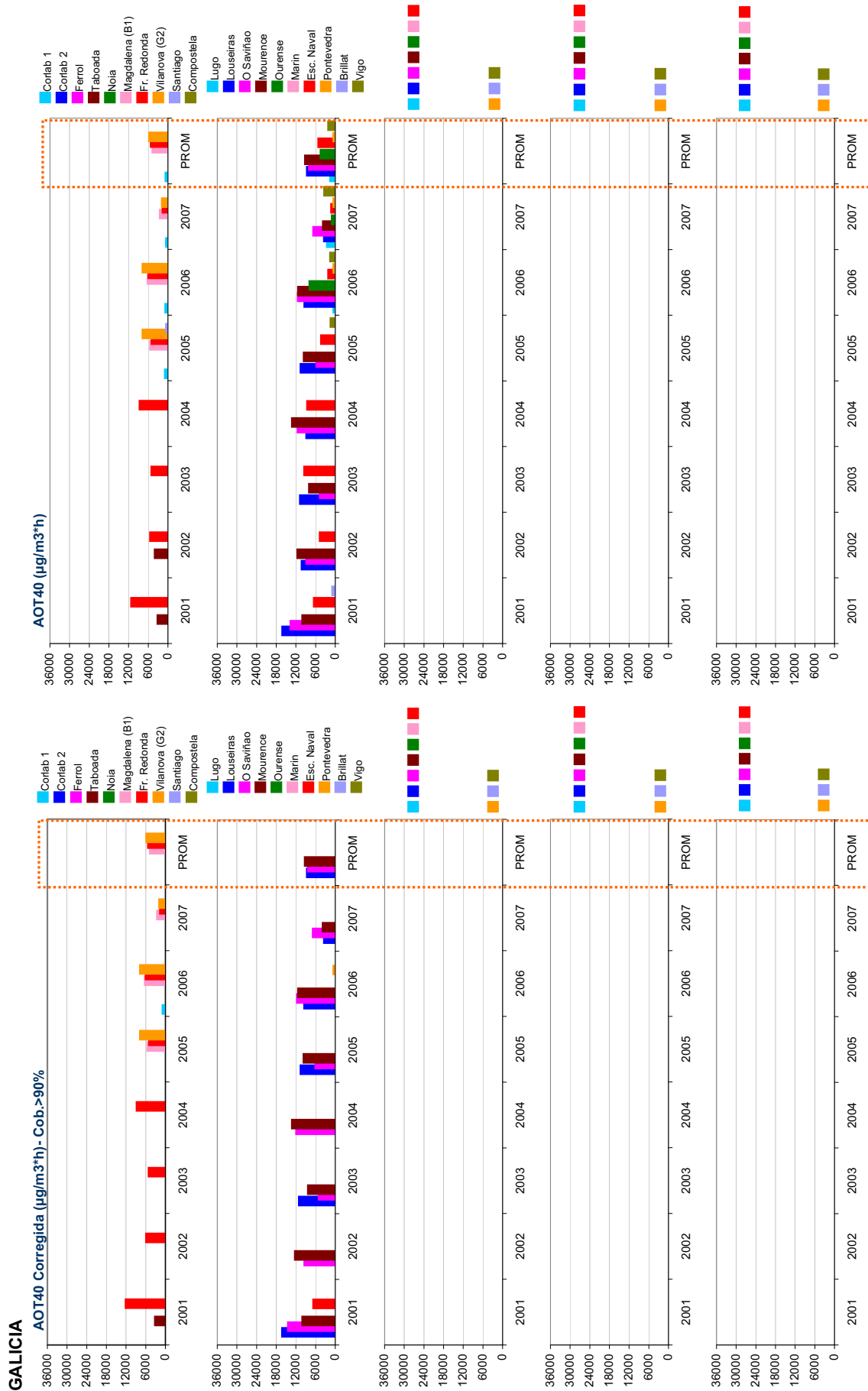


Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)



- Corlab 1
- Corlab 2
- Ferrol
- Taboada
- Noia
- Magdalena (B1)
- Fr. Redonda
- Vilanova (G2)
- Santiago
- Compostela

- Lugo
- Louseiras
- O Saviñao
- Mourence
- Ourense
- Marín
- Esc. Naval
- Pontevedra
- Brillat
- Vigo



8.11. Optimización de la red de calidad del aire de Islas Baleares.

8.11.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

Respecto a la configuración que presentaba en 2005 la red de Baleares se ha ampliado con tres nuevas cabinas automáticas para la medida de ozono: *Hospital Joan Marh*, *Ciudadella* y *San Antoni de Portmaní*. Las dos últimas han cubierto los huecos en la vigilancia de sus respectivas zonas, donde se requiere medida en continuo, ya que ambas superan alguno de los Objetivos a largo plazo establecidos en la legislación (en base a los datos registrados en 2006 y 2007). Por otro lado se ha trasladado la estación *Can Llompart* a otra localización de la misma población. Como resultado de estas modificaciones la red cuenta en 2007 con 12 estaciones dotadas con monitor de ozono, 3 de tipo urbano, 6 suburbanas y 3 rurales.

El mapa de zonificación se compone de 7 zonas (Tabla 8.11.1), dos de tipo aglomeración (*Palma* y *Eivissa*). El entorno de Mahón se delimita también por separado en una zona diferenciada, aunque no como aglomeración. Las otras 4 zonas corresponden por un lado al resto de las islas Ibiza y Menorca, y la isla de Mallorca se definen dos zonas más: *Sierra de Tramuntana*, que abarca la franja montañosa paralela a la costa oeste, y *Resto de Mallorca*.



Figura 8.11.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en I.Baleares en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0401	PALMA	74	362,203	SÍ	--	1	1
ES0402	SIERRA DE TRAMUNTANA	740	52,482	NO	--	--	--
ES0409	MENORCA-MAÓ-ES CASTELL	47	36,623	NO	--	1	1
ES0410	RESTO MENORCA	650	51,811	NO	--	1	--
ES0411	EIVISSA	11	42,884	SÍ	--	1	1
ES0412	RESTO EIVISSA-FORMENTERA	643	78,981	NO	--	1	--
ES0413	RESTO MALLORCA	2827	376,078	NO	3	1	--

Tabla 8.11.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007. (Superficie expresada en Km²)

La distribución de estaciones, mostrada en el mapa de arriba, proporciona una buena cobertura espacial de las islas, aunque existe cierto desequilibrio en la isla de Palma, donde las estaciones se concentran a lo largo del eje Palma-Alcudia, coincidiendo con la

distribución de los principales focos de emisión en la isla (Centrales térmicas de Alcudia, Son Reus, Palma, aeropuerto y puerto de Palma, y la propia capital de las islas). Además se carece de estaciones automáticas en la zona *Sierra Tramuntana*.

Como se aprecia en el gráfico de la izquierda de la figura 8.11.2, donde se representa la evolución del número de estaciones de la red de ozono en el periodo 1995-2007, este número prácticamente no ha dejado de incrementarse hasta llegar a una configuración que en 2007 está próxima a ser la óptima.

En el gráfico de la derecha de la misma figura se muestra la distribución de estaciones por tipo de entorno y tipo de zona (aglomeración/no aglomeración). En relación con los requisitos establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas-Suburbanas (se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% por ciento de ellas en aglomeraciones), todas las zonas lo cumplen, excepto, como ya se ha dicho, la zona *Sierra Tramuntana*.

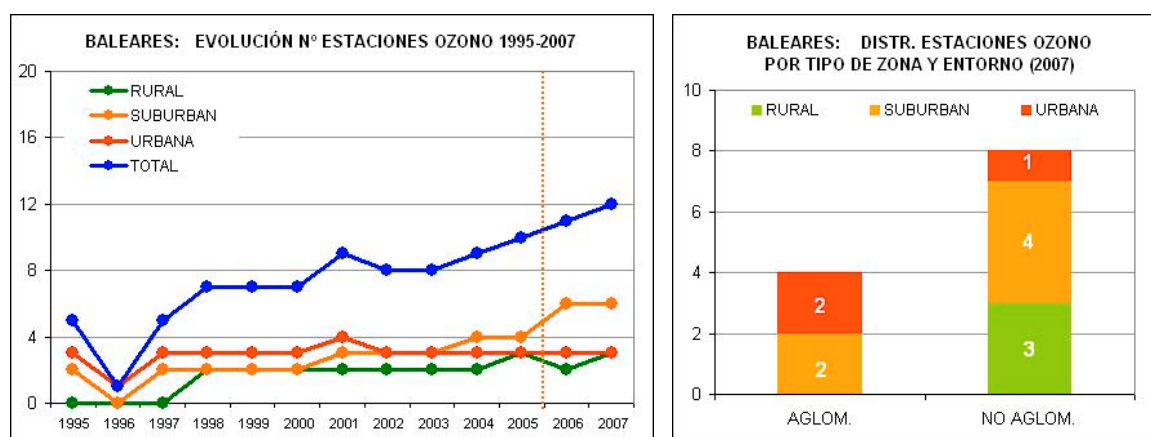


Figura 8.11.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

En el informe de Julio de 2007, donde se diagnosticó la situación en base a los datos disponibles entonces hasta 2005, se propusieron dos puntos de medida. Estos puntos pueden considerarse equivalentes a los nuevos emplazamientos *Sant Antoni* y *Hospital Joan March*, especialmente el primero de ellos (ambas estaciones ya estaban de hecho operativas cuando se emitió el informe, pero no se disponía entonces de esta información en el CEAM). En el emplazamiento equivalente a *Sant Antoni* se pretendía analizar la posibilidad de mayores concentraciones en la isla de Ibiza (fuera del entorno de la ciudad), debido a la menor influencia de los vientos de tramontana, y la mayor cercanía a la costa peninsular. Por otro lado se requería también rellenar el hueco hasta entonces existente en esta zona, donde no se disponía de cabinas para su evaluación. Los datos de la estación de *Sant Antoni*, con 6 superaciones del VOLP en 2006 (los del 2007 no son válidos entre Febrero y Julio, y no se recibieron datos de Agosto), confirman la necesidad de un punto de media en continuo en esta zona. Sin embargo, las medidas permiten determinar diferencias significativas respecto a los niveles registrados en el centro de Mallorca o en *Ciudadella* en Menorca. Lamentablemente la abundancia de datos de escasa calidad (ver apartado siguiente), impide extraer conclusiones claras a este respecto, y se requerirá el análisis de los años siguientes. En cuanto al segundo emplazamiento, se trataba de rellenar el hueco de vigilancia en la zona *Sierra Tramontana*, donde sigue sin existir ninguna

estación de medida (*Hospital Joan March* se sitúa en realidad en la zona *Resto de Mallorca*, aunque próxima al límite con *Sierra Tramontana*), y donde la orografía puede marcar también diferencias respecto a los niveles de ozono en el resto de la isla. También interesaba de este punto analizar las concentraciones a sotavento de las emisiones de la capital, donde se presumían los mayores niveles de ozono. Las concentraciones registradas en 2007 en este punto, a unos 12 km. a sotavento (al Norte) de la capital, están por debajo de lo esperado, y en principio tampoco confirman una diferencia significativa de niveles entre las dos zonas. También será conveniente en este caso revisar esta situación con los registros de los años siguientes, y en cualquier caso se sigue proponiendo un punto de medida más representativo de la zona *Sierra Tramontana*.

8.11.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.11.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.11.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos en la serie de ozono (periodos sin datos).

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E07003004	Alcudia I	Alcudia	RESTO MALLORCA	RURAL
E07003005	Can Llompert	Alcudia	RESTO MALLORCA	RURAL
E07010001	H. Joan March	Bunyola	RESTO MALLORCA	RURAL
E07015001	Ciutadella	Ciutadella	RESTO MENORCA	SUBURBAN
E07026001	Can Misses	Eivissa	EIVISSA	SUBURBAN
E07026002	Dalt Vila	Eivissa	EIVISSA	URBANA
E07027002	Sa Vinyeta-Inca	Inca	RESTO MALLORCA	SUBURBAN
E07032001	S. Luis	Mahon	MENORCA-MAÓ-ES CASTELL	SUBURBAN
E07032002	Pozos	Mahon	MENORCA-MAÓ-ES CASTELL	URBANA
E07040001	Ps. Mallorca	Palma de Mallorca	PALMA	URBANA
E07040002	Fomers	Palma de Mallorca	PALMA	URBANA
E07040003	Cast. Bellver	Palma de Mallorca	PALMA	SUBURBAN
E07042001	Can Llompert2	Pollença	RESTO MALLORCA	RURAL
E07044001	Sa Pobla	Sa Pobla	RESTO MALLORCA	RURAL
E07046001	S.Ant. Portm.	St. Antoni del Portmany	RESTO EIVISSA-FORMENTERA	SUBURBAN

Tabla 8.11.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

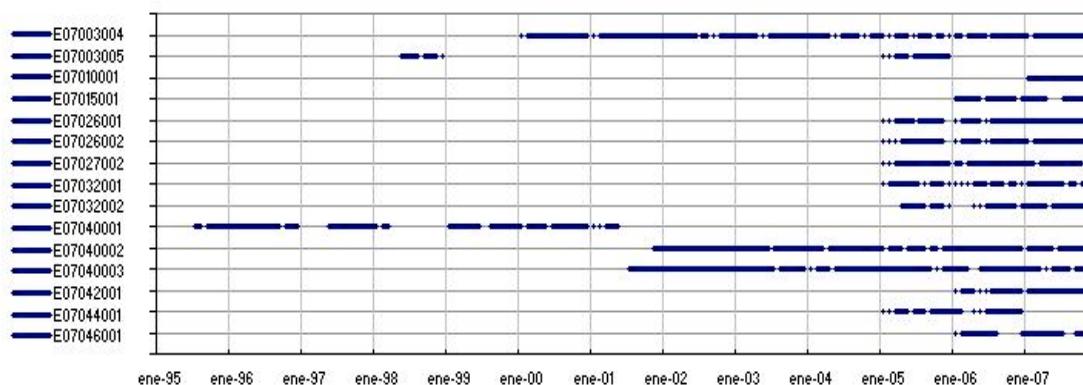


Figura 8.11.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Además de los huecos que muestra la figura, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos

erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado el 9.37 % de los datos del periodo 1995-2007. Y de los dos últimos años procesados 2006 y 2007, se han anulado el 7.41% y el 8.86 % respectivamente. Estos porcentajes revelan la presencia de un número significativo de datos que no satisfacen los criterios de calidad. En los últimos años la cantidad de estas medidas erróneas presentes en las series de datos se ha reducido aunque se considera que han de hacerse mayores esfuerzos en la depuración o validación de los datos.

Como ya se comentó en el informe de Julio de 2007 las series de datos meteorológicos también están afectados por problemas de mala calidad. Estos datos se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa de abajo, que abarcan el periodo 2003-2007, aunque no están completos. Además los registros de algunas de estas torres también revelan los mismos problemas de calidad de los datos. En ambas redes se han apreciado casos de apantallamiento en alguna dirección, insuficiente cobertura temporal (huecos en las series), cambios en los patrones que no obedecen a causas naturales, etc. La figura 8.11.5 muestra solo algunos ejemplos de rosas de viento correspondientes a torres con problemas en sus registros.



Figura 8.11.4: Red de torres de AEMET disponibles en las Islas Baleares

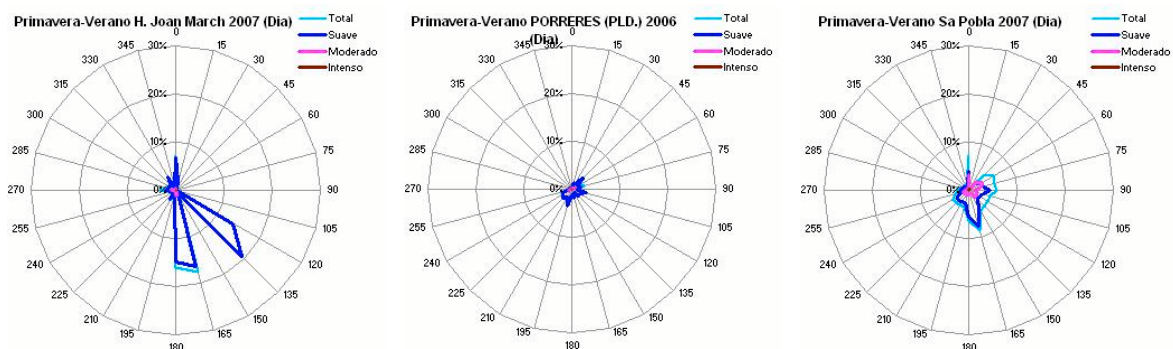


Figura 8.11.5: Ejemplos de rosas de viento de algunas torres con problemas: Apantallamientos en H.Joan March, falta de datos en Porreres, o cambios de patrón en Sa Pobra (en esta estación las rosas de 2002 a 2005 muestran predominio de viento de componente Norte).

8.11.3. Dinámica del ozono en Baleares.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en las Islas Baleares. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El territorio Balear se caracteriza por un **relieve** relativamente llano en su mayor parte. Las formaciones montañosas se limitan a la franja este de Mallorca (Sierra de la Alfabia), que en algunos puntos supera los 1000 m de altura. Esta barrera dificulta las circulaciones de poniente y del norte sobre gran parte de la isla, y favorece el desarrollo de brisas en primavera y verano, que tienen orientaciones opuestas: del SO en la Bahía de Palma, y del NE en el norte de la isla. En puntos intermedios entre ambas bahías se alternan una y otra componente, según la situación general favorezca más uno u otro sentido.

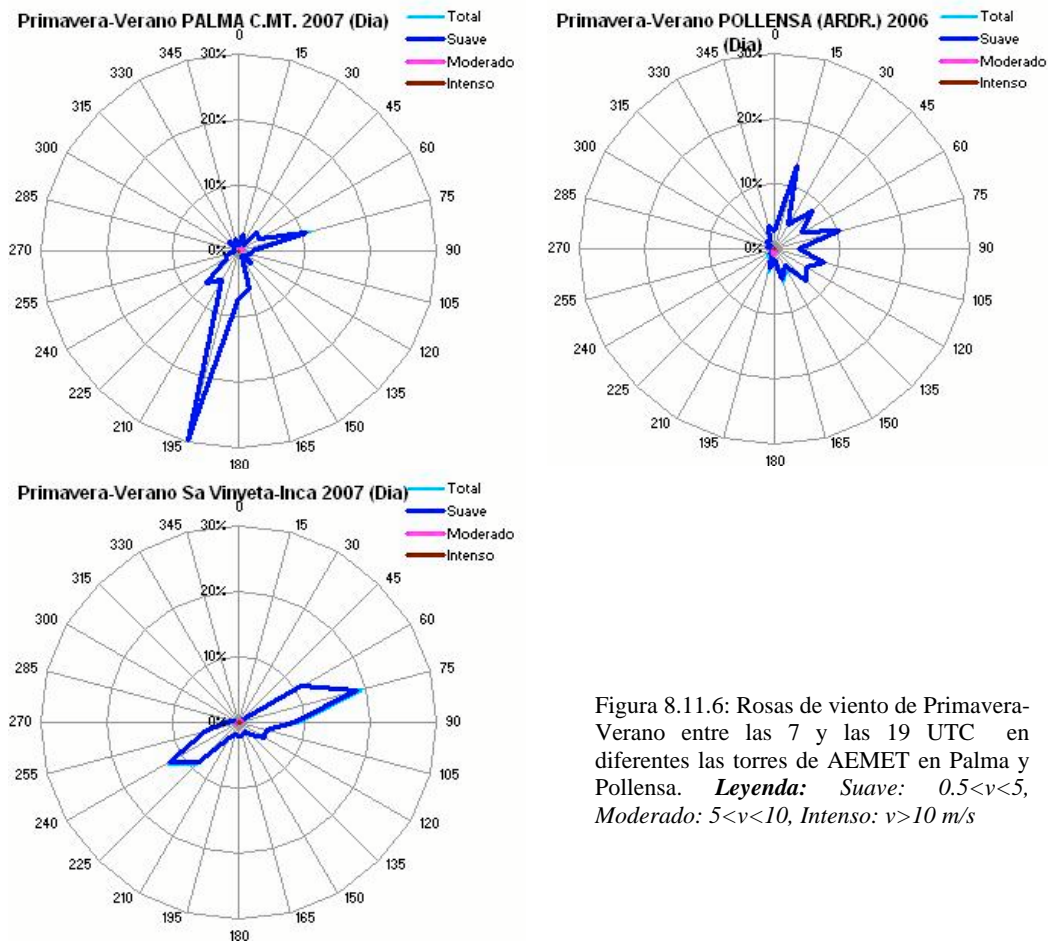


Figura 8.11.6: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en diferentes las torres de AEMET en Palma y Pollensa. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Por otro lado la rosa de vientos de Mahón en Menorca muestra la frecuencia de vientos de componente NNE, con velocidades por encima de los 5 m/s (*Tramontana*). Esta circulación está asociada a la penetración de vientos desde el sur de Francia sobre el Golfo de León, que se aceleran en el estrechamiento entre Pirineos y el Macizo central Francés. En Ibiza los registros de Can Misses y del aeropuerto de San José no registran esta componente al sur de las islas. En este área los vientos son preferentemente de componente E-SE y están asociados al régimen de brisas

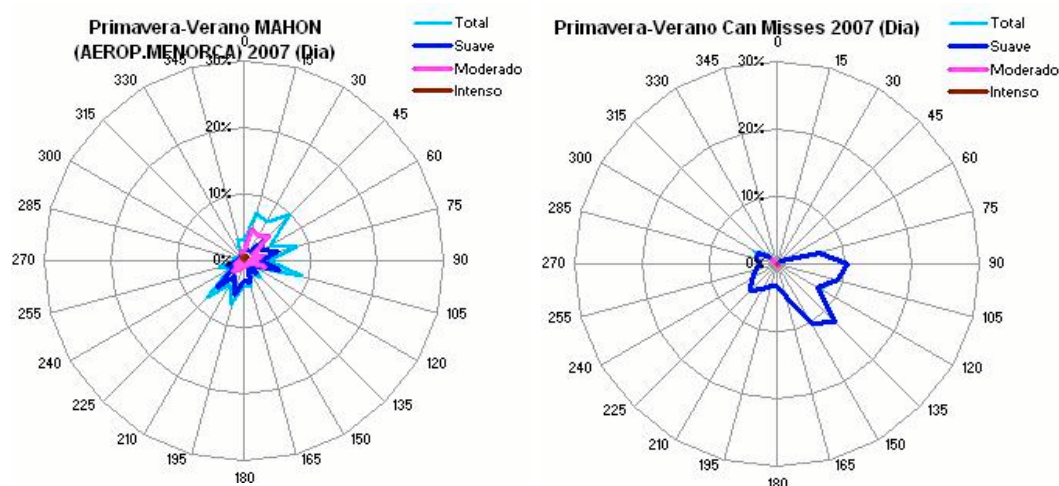


Figura 8.11.7: Rosas de viento de Primavera-Verano entre las 7 y las 19 UTC en Mahón (Menorca) y Can Misses (Ibiza).
Leyenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.11.8 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de Baleares. El perfil se diferencia del que se registra en la mayor parte de la península (se asemeja al de las estaciones de la costa cantábrica). Las concentraciones máximas se alcanzan en los meses de Abril a Junio, y no suelen superar el Valor objetivo a largo plazo de protección a la salud. A partir de Julio los niveles comienzan a decaer gradualmente.

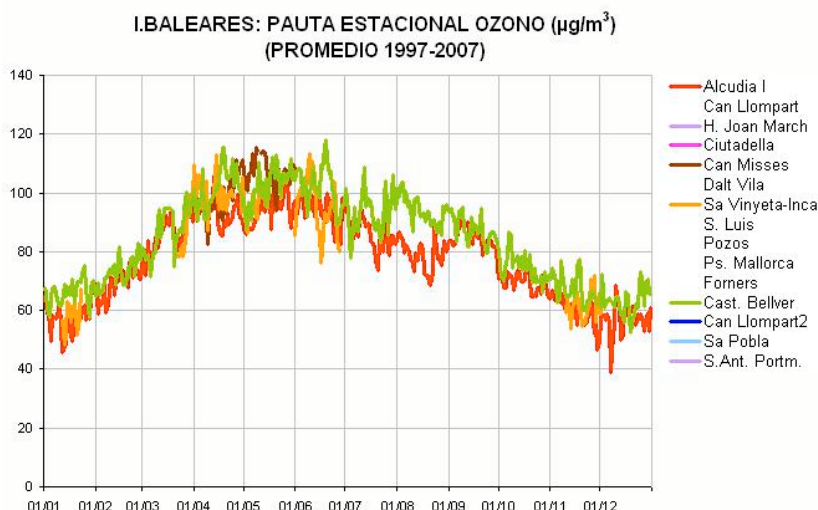


Figura 8.11.8: Año promedio de las estaciones rurales y suburbanas de la red de Islas Baleares, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. (Se exige al menos tres datos para el calculo de cada promedio, es decir, un mínimo de tres años de medida).

La razón de este comportamiento hay que adjudicarla en principio a la mayor frecuencia de vientos de componente norte (tramontana) en los meses de Julio y Agosto. Estos vientos de gran recorrido mayor velocidad que las brisas ayudan a dispersar las concentraciones e impiden la posibilidad de acumulación de ozono en la atmósfera. La rosas de viento de Mahón registran estas diferencias entre los meses de Mayo-Junio y Julio-Agosto.

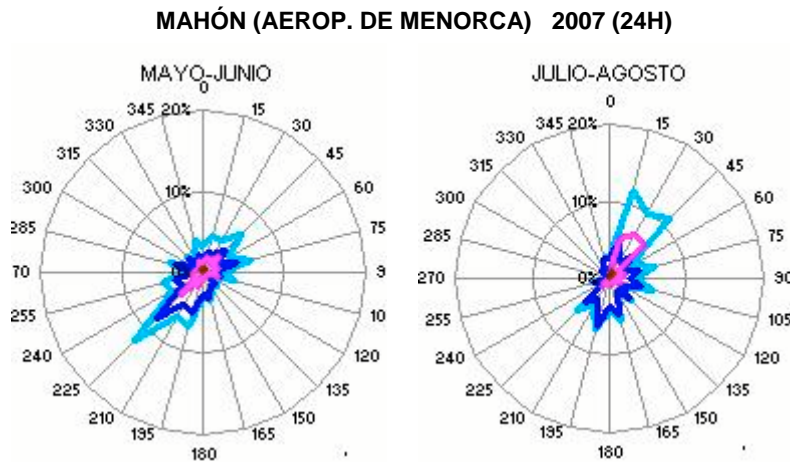


Figura 8.11.9: Rosas de viento de Mayo-Junio y Julio-Agosto (24h) en Mahón (Menorca).
Legenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

La figura 8.11.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones de Primavera y Verano en el periodo 1996-2007 en Islas Baleares, y a la derecha la misma evolución en el conjunto de estaciones representativas para todo España. La escasez de datos anteriores a 2005 en la red de Baleares no permite obtener series largas, pero al menos los valores entre 2005 y 2007 muestran niveles relativamente estables, sin tendencias significativas, y algo inferiores a los del conjunto de España. Esto se explica por la pauta estacional antes comentada. La diferencia en las concentraciones entre estaciones urbanas y no urbanas es del mismo orden, en torno a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que en el conjunto de España.

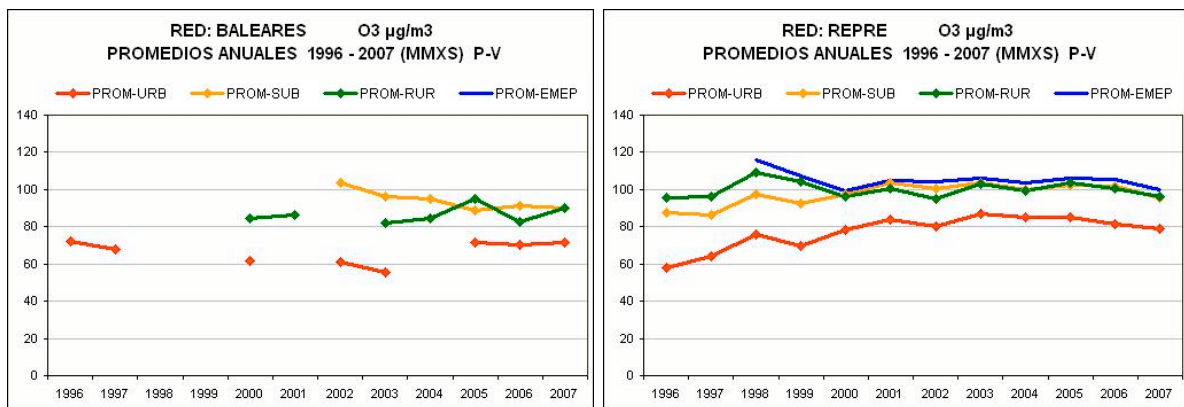


Figura 8.11.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Islas Baleares. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.11.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha comentado al principio de los dos puntos que se propusieron para la red de Baleares en el anterior informe de Julio de 2007, con el diagnóstico de la red en base a los datos disponibles entonces hasta 2005, al menos uno está cubierto en 2007 con la estación de *Sant Antoni de Portmaní*. En esta segunda iteración del procedimiento de optimización se sigue proponiendo un punto representativo de la zona *Sierra Tramuntana* en el entorno de Soller. Por un lado en esta zona se prevén niveles por encima de los Valores Objetivo a Largo Plazo, y requiere por tanto al menos un punto de medida en continuo. Y por otro la estación *Hospital Joan March*, aunque en la frontera de esta zona y la zona *Resto de Mallorca*, probablemente no es representativo de *Sierra Tramontana* por encontrarse en la vertiente Este de la sierra y a sotavento de la ciudad de Palma.

Además se propone otro punto que permita registrar los niveles de concentración en la parte Este de la isla de Mallorca, para estudiar la representatividad de los emplazamientos actuales de la zona *Resto de Mallorca* en esa parte de la isla.



Figura 8.11.11: Mapa con los emplazamientos propuestos para complementar la red de Islas Baleares.

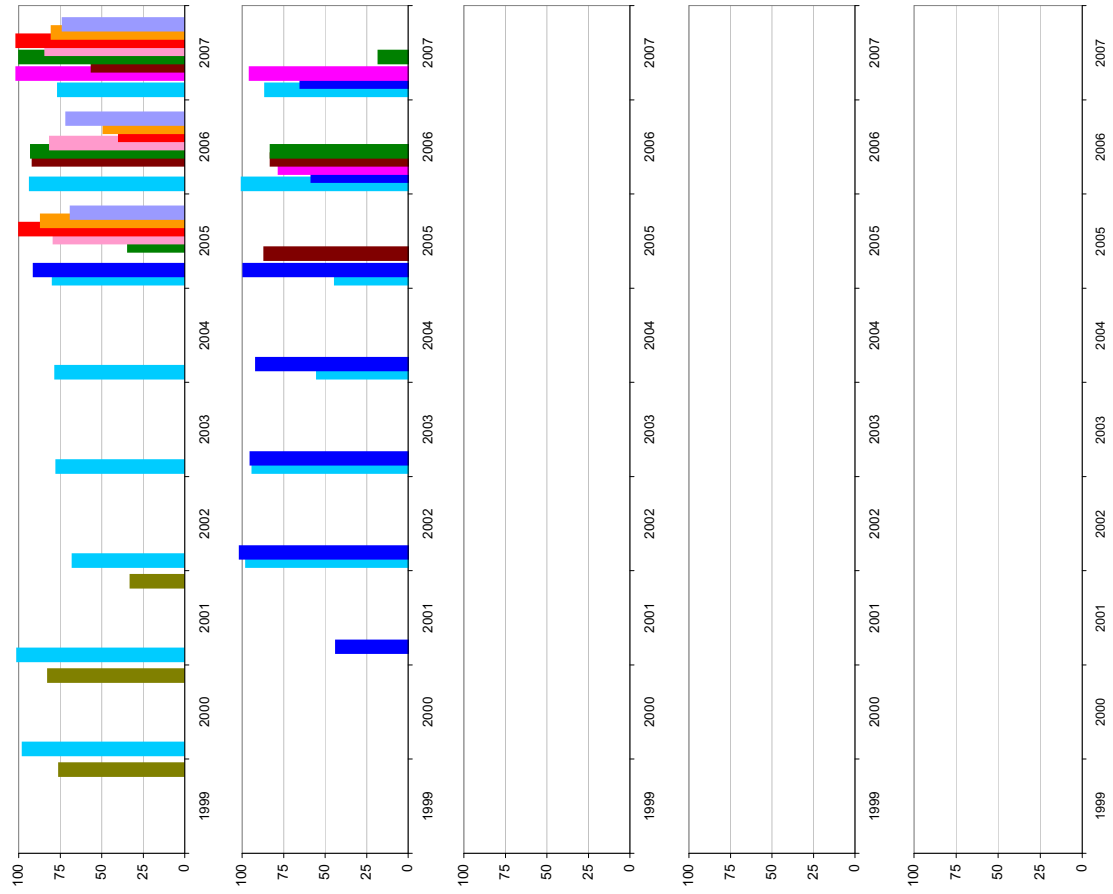
Por otro lado los niveles puntuales de *Can Llopart2*, y en menor medida de *Sa Vinyeta*, que destacan sobre el resto (con 23 superaciones del valor $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario, y un valor de AOT40 en torno a $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2007), comparados con los del resto de estaciones, y con los de los puntos propuestos podrían sugerir cambios futuros en la zonificación para delimitar el área afectada por estas concentraciones.

8.11.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

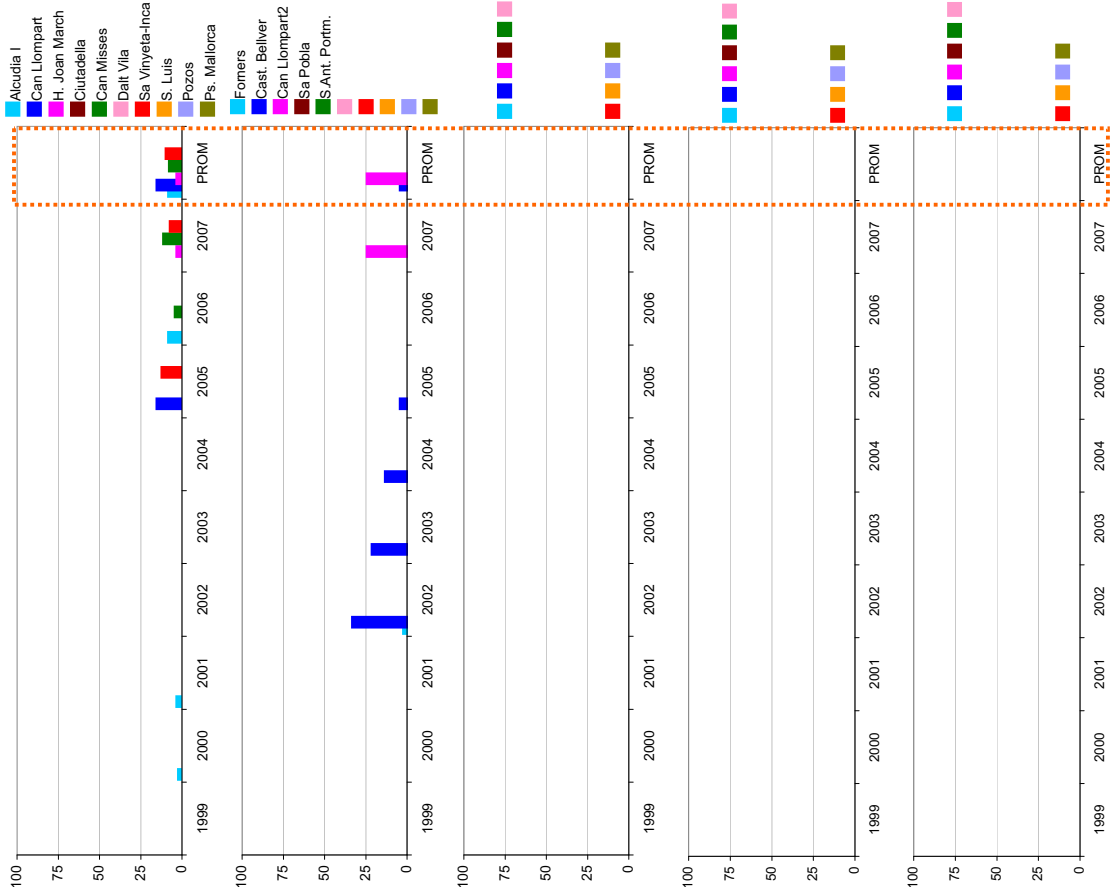
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Islas Baleares las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

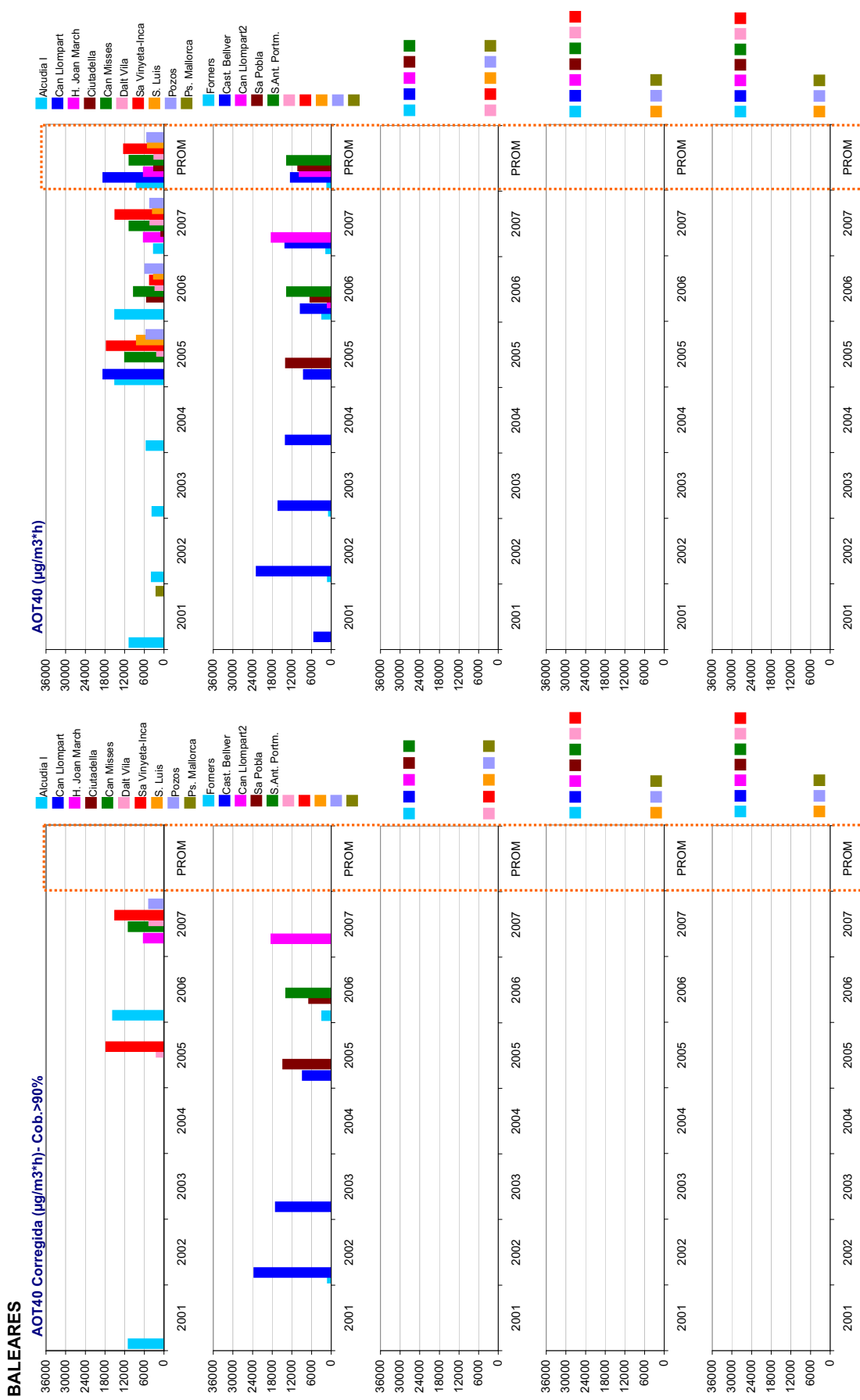
BALEARES

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.12. Optimización de la red de calidad del aire de Islas Canarias.

8.12.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red automática de calidad del aire de las Islas Canarias contaba en 2007 con un total de 32 estaciones de medida. De estas solo las 5 gestionadas por la Dirección General de Salud Pública están dotadas de monitor de ozono (figura 8.12.1), y se distribuyen en 3 de tipo urbano, localizadas en Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, 1 suburbana en Las Palmas, y una rural en Igüeste de Candelaria. El resto corresponde en realidad a estaciones de redes privadas asociadas a las centrales térmicas distribuidas por las islas (Jinamar, Candelaria, Granadilla, Punta Grande...). Respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007, sobre la base de datos que entonces abarcaba hasta el año 2005, se han dado de baja 4 estaciones, ninguna de ellas de la red de ozono. En consecuencia, respecto a la vigilancia del ozono, esta red mantiene la misma configuración que entonces. En cuanto a la zonificación se definen 8 zonas de calidad del aire, dos de ellas aglomeraciones (tabla 8.12.1).



Figura 8.12.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en I.Canarias en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES0501	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	100.55	377,056	SÍ	--	1	1
ES0502	CENTRO ISLA DE GRAN CANARIA	614.91	321,270	NO	--	--	--
ES0503	SUDOESTE DE LA ISLA DE GRAN CANARIA	844.65	82,130	NO	--	--	--
ES0504	FUERTEVENTURA Y LANZAROTE	2,505.67	217,137	NO	--	--	--
ES0505	STA. CRUZ DE TENERIFE-LA LAGUNA	252.62	365,309	SÍ	--	--	2
ES0506	NORTE DE LA ISLA DE TENERIFE	758.91	255,171	NO	--	--	--
ES0507	SUR DE LA ISLA DE TENERIFE	1,022.83	232,465	NO	1	--	--
ES0508	LA GOMERA, EL HIERRO Y LA PALMA	1,346.67	118,702	NO	--	--	--

Tabla 8.12.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

La cobertura de la red de ozono se limita por tanto a las aglomeraciones de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, sin que se disponga de medidas en el resto del territorio excepto en Igüeste. Con los datos disponibles de las cabinas de ozono los niveles registrados se sitúan por debajo de los Valores Objetivo establecidos para el ozono, y solo *Gladiolos* y *Tomé Cano* superan los Valores Objetivo a Largo Plazo. En el resto del territorio se presumen igualmente niveles bajos. En todo caso esta situación debería

confirmarse con campañas de medidas experimentales en las que se utilizaría una unidad móvil, o bien mediante la instalación de monitores de ozono en alguna de las cabinas de las redes privadas (figura 8.12.3). De ser así la zonificación no requeriría, respecto al ozono, el nivel actual de resolución.

El gráfico de la derecha en la figura de abajo muestra la evolución en el número de estaciones con monitor de ozono de la red de Canarias. Como puede apreciarse no hay variaciones en este número (el incremento de 1 estación urbana en 1999 corresponde en realidad al traslado de la cabina *Mesa y López* a *Mercado Central* en ese año, lo que proporciona dos emplazamientos diferentes). El gráfico de la derecha muestra la distribución de los diferentes tipos de estación (urbana, suburbana y rural) en los dos tipos de zona (aglomeración / no aglomeración).

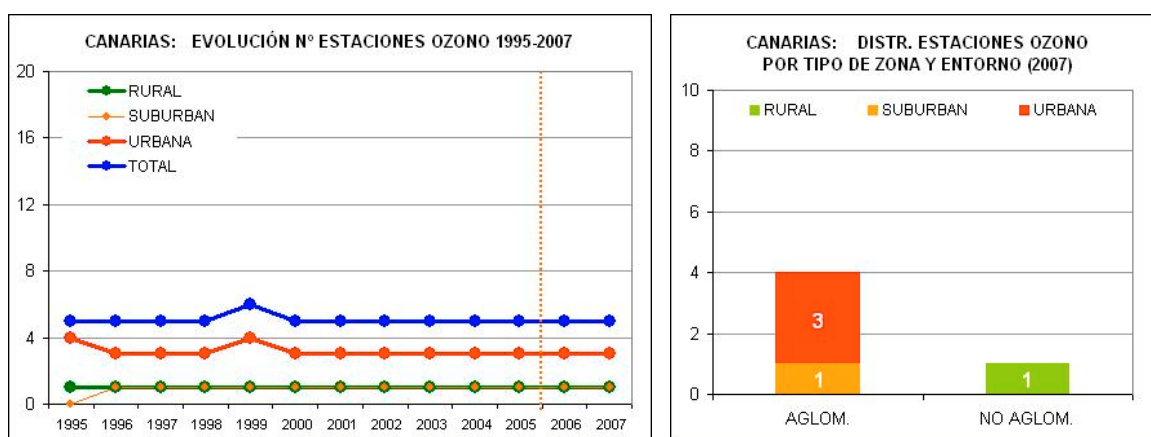


Figura 8.12.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

En relación con los requisitos establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto a la ratio de estaciones Urbanas-Suburbanas (en zonas que superan algún Valor Objetivo a Largo Plazo se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% por ciento de ellas en aglomeraciones), una de las dos estaciones de Santa Cruz de Tenerife debería ser de tipo suburbano.



Figura 8.12.3: Distribución de estaciones sin monitor de ozono en I.Canarias en 2007.

8.12.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.12.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.12.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis. En la revisión y validación de los datos se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de los diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través de los últimos Seminarios de Calidad del aire en España, y a través de este mismo estudio con la organización de la jornada de trabajo sobre validación de datos.

En el caso de la red de Canarias se han anulado un 31.67 % de los datos del periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 26.64 % y el 24.20 % de ellos. Estos porcentajes revelan la presencia de un número excesivo de datos que no satisfacen los criterios de calidad, y se considera que han de hacerse mayores esfuerzos en la depuración o validación de los datos registrados por la red. A modo de ejemplo se enumeran los periodos más largos de datos anulados (superiores a un mes de duración), en 2006 y 2007: *Mercado Central*: 1/Ene/06-1/Mar/06, 6/Abr/06-31/Dic/06, 1/ene/07-3/Oct/07; *Néstor Alamo*: 11/sep/06-30/Nov/06, 19/May/06-14/Jul/06, 30/Ene/07-1/Mar/07; *Igüeste de Candelaria*: 20/Nov/07-31/Dic/07. En su mayoría se trata de registros planos o anormalmente bajos, no adjudicables a causas naturales, y pautas anómalas debidas a inestabilidad del monitor.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E35016008	Mesa y Lopez	Palmas de Gran Canaria (Las)	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Las Palmas	URBANA
E35016009	Nestor Alamo?	Palmas de Gran Canaria (Las)	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Las Palmas	URBANA
E35016011	Nestor Alamo	Palmas de Gran Canaria (Las)	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Las Palmas	SUBURBAN
E35016012	Merc .Central	Palmas de Gran Canaria (Las)	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Las Palmas	URBANA
E38011003	Igüeste d C.	Candelaria	SUR DE LA ISLA DE TENERIFE	Santa Cruz de Tenerife	RURAL
E38038010	Tome Cano	Sta.Cruz de Tenerife	SANTA CRUZ DE TENERIFE-LA LAGUNA	Santa Cruz de Tenerife	URBANA
E38038011	Gladiolos	Sta.Cruz de Tenerife	SANTA CRUZ DE TENERIFE-LA LAGUNA	Santa Cruz de Tenerife	URBANA

Tabla 8.12.2: Listado de estaciones de la Red de Calidad del Aire de Canarias con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007.

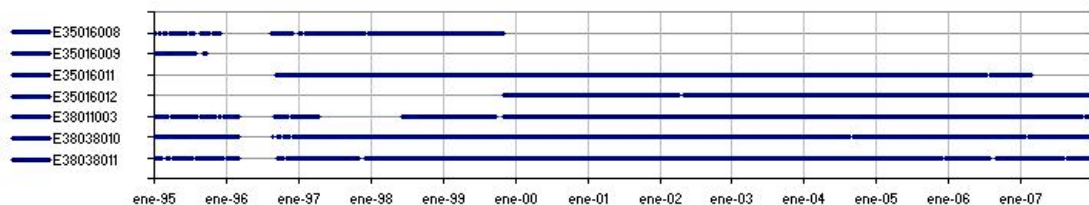


Figura 8.12.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

En cuanto a registros de variables meteorológicas la red dispone de torre meteorológica en tres de las estaciones: *Igüeste*, *Tome Cano* y *Néstor Alamo*, cuyas series se inician a finales del año 2000. Estos datos resultan insuficientes par la adecuada caracterización de la dinámica de contaminantes en Canarias, y se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa. De estas torres se dispone de los datos del periodo 2003-2007, aunque en muchos emplazamientos no están completos todos los años.



Figura 8.12.4: Red de torres de AEMET disponibles en las Islas Canarias

Por otro lado estos datos plantean dudas en cuanto a la calidad de los registros en alguna de las torres. En las Palmas de Gran Canaria diferentes torres de AEMET muestran diferentes situaciones. Las torres de Telde y San Nicolás Tolentino en la costa este y oeste respectivamente de la isla registran sistemáticamente el viento de componente NE, sin embargo las torres de AEMET en San Cristóbal, a 18 km. al norte de la de Telde, y *Néstor Alamo* en un punto intermedio entre Telde y San Cristóbal, registran viento sistemático del O y NO respectivamente. Se presumen de problemas en la orientación de las veletas o en el mantenimiento de los sensores las torres de San Cristóbal y Néstor Alamo. Pero esto es difícil de determinar por los autores de este estudio, y se requeriría la consulta con expertos y gestores locales con más conocimiento del terreno.

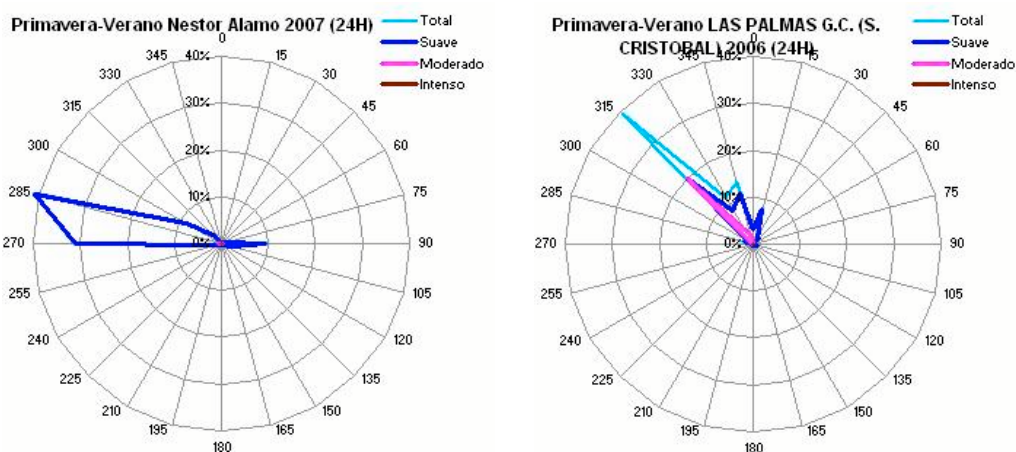


Figura 8.12.5: Rosas de Viento de primavera y verano en las torres de AEMET en Telde y San Cristóbal.

8.12.3. Dinámica del ozono en Canarias.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en las Islas Canarias. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El territorio canario se reparte básicamente en las 7 islas mayores del archipiélago. Todas muestran un relieve accidentado, con macizos centrales entre los 1500-2000 m., y cotas máximas que en el caso del Teide alcanza los 3600 m. La posición geográfica sitúa a las islas normalmente bajo la influencia del anticiclón de las Azores en su vertiente Sur-Oriental, y propicia el predominio de la componente NE (alisios) sobre todo el territorio (ver rosas de viento de la figura 8.12.6).

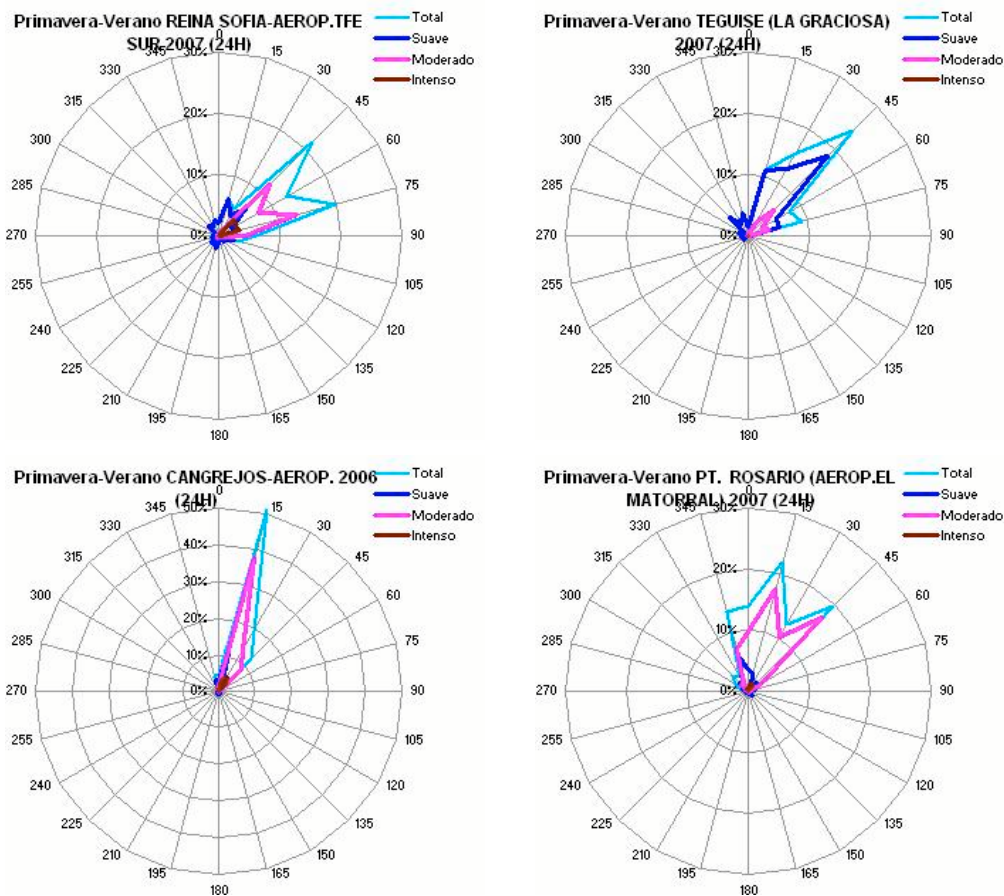


Figura 8.12.6: Rosas de viento del periodo de Abril a Septiembre de 2006 y 2007 en diferentes puntos de Canarias. En todos ellos destaca el predominio de la advección anticiclónica del NE. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Estos vientos persistentes de escala sinóptica y gran recorrido (figura 8.12.7) explican las bajas concentraciones de ozono registradas por la red en general. Excepto por las extraordinarias concentraciones que se registraron en 1999 (nunca más se han vuelto a registrar), las concentraciones nunca superan el Umbral de Información a la Salud ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario), raramente superan el valor objetivo a largo plazo de protección a la salud ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario), y los valores de la AOT 40 se mantienen bastante por debajo de los $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ establecidos como Objetivo a Largo Plazo para protección de la vegetación.

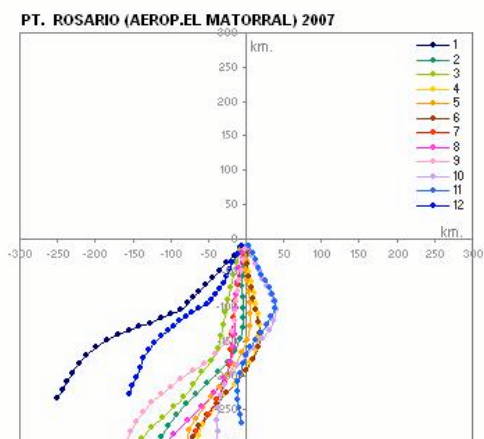


Figura 8.12.7: Seudo-trayectorias diarias promediadas por mes calculadas a partir de los datos de la torre de Pto. Del Rosario (ver modo de cálculo en figura 7.2). Los vientos moderados y persistentes del NE desplazan la masa aérea diariamente a largas distancias.

Por otro lado, en cotas elevadas que se sitúan por encima de la altura de la inversión térmica que habitualmente afecta a las Islas, la circulación es sistemáticamente de componente O- NO (el enfriamiento de la atmósfera que ejerce la corriente fría del océano estabiliza las capas bajas y genera la inversión). La rosa de vientos de AEMET en Izaña (a 2300 m.s.n.m) ilustra esta diferencia en la dirección de las circulaciones. Y la rosa de viento del aeropuerto de los Rodeos puede indicar la misma situación, aunque en este caso la altitud es muy inferior (650 m.s.n.m aprox).

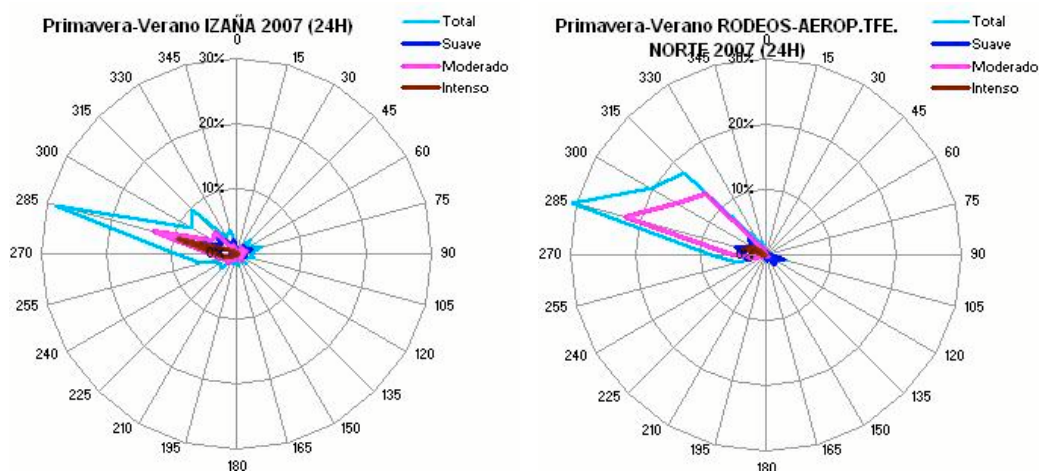


Figura 8.12.8: Rosas de viento del periodo de Abril a Septiembre de 2007 en el área de Santa Cruz de Tenerife. Las rosas se encuentran en un radio de 10 km. y parecen contradictorias entre sí. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10 \text{ m/s}$

Por último, en algunos puntos el contraste de temperaturas tierra-mar, y el abrigo de la barreras montañosas permite el desarrollo de circulaciones de brisa con diferentes orientaciones y alcances. Las rosas de viento de puntos como el Aeropuerto de la Gomera (Alajero), San Bartolomé de Tirajana, y Tazacorte, sugieren esta situación (figura 8.12.9). Lo mismo sugieren los datos de las torres de Santa Cruz de Tenerife (al menos *Tomé Cano* y la torre de AEMET) e *Igüeste de Candelaria*, donde el desarrollo de las brisas estaría favorecido también por las formaciones montañosas al norte en ambos emplazamientos. Los recorridos de la masa aérea que sugiere la figura 8.12.10 contrastan con los de la figura 8.12.7 de Pto. del Rosario.

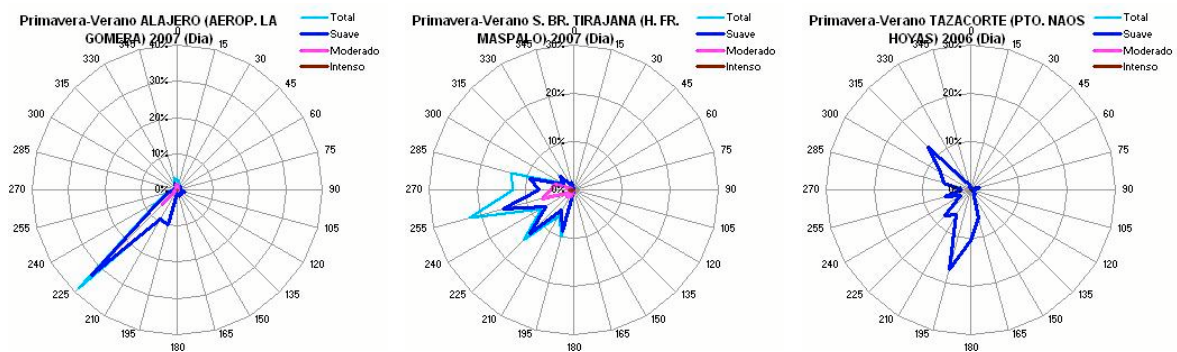
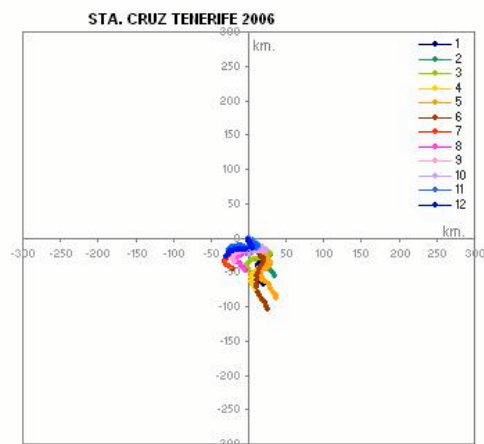


Figura 8.12.9: Rosas de viento del periodo de Abril a Septiembre de 2007 en diferentes puntos de Canarias. En todos ellos destaca el predominio de la advección anticiclónica del NE. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Figura 8.12.10: Seudo-trayectorias diarias promediadas por mes calculadas a partir de los datos de la torre de AEMET de Sta. Cruz de Tenerife.



Las concentraciones más elevadas en las cabinas urbanas de Santa Cruz de Tenerife, *Tomé Cano* y *Gladiolos*, que en las de Las Palmas de Gran Canaria, *Néstor Álamo* y *Mercado Central*, (ver figura 8.12.11 y gráficos del apartado 8.12.5), se explicarían por el desarrollo de brisas en esta zona, y por la combinación de las emisiones urbanas del tráfico con las del complejo refinero en Santa Cruz de Tenerife al Sureste de la ciudad. Las emisiones de VOCx, propias de este tipo de instalaciones, en contacto con las emisiones del tráfico propician un mayor potencial de formación de ozono. Además la escasa altura de la inversión térmica que sugieren los registros de viento de los Rodeos (figura 8.12.8) en esta zona, contribuirían también a incrementar las concentraciones. Los niveles máximos se alcanzarían presumiblemente en La laguna (donde la barrera montañosa al NO apantalla los vientos procedentes de esa dirección), o áreas suburbanas entre el aeropuerto y la ciudad, aunque esta situación es difícil de determinar.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura de abajo muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de calidad del aire de Canarias. La pauta es diferente a la que se registra en la península, y generalmente no se supera Valor Objetivo a Largo Plazo ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los niveles máximos se alcanzan en Primavera, y sin embargo las concentraciones mínimas se registran en Julio y Agosto, meses en los cuales se registran los máximos en la península. Este comportamiento, como se ha señalado anteriormente, puede explicarse por la mayor intensidad de los vientos alisios en estos meses del año, que ayudan a dispersar las concentraciones de contaminantes, y por tanto a moderar las concentraciones de ozono.

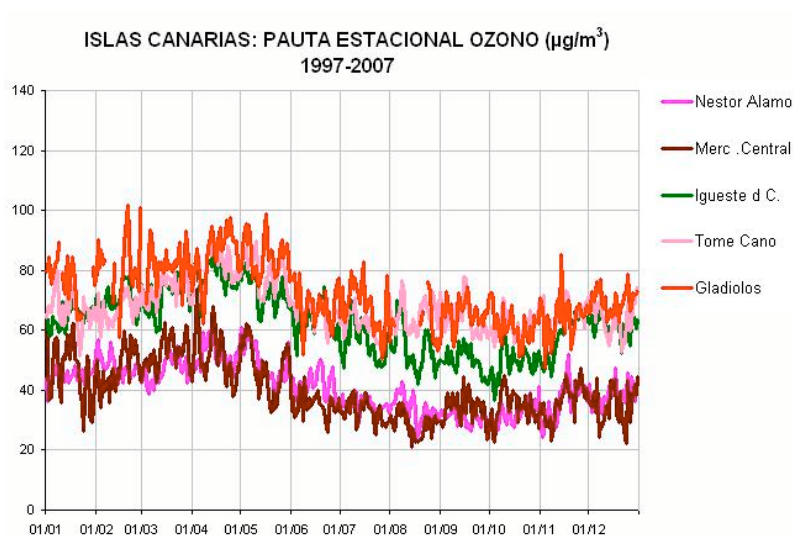


Figura 8.12.11: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Islas Canarias, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. (Se exige al menos tres datos para el calculo de cada promedio, es decir, un mínimo de tres años de medida).

La figura 8.12.12 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Canarias, y a la derecha la misma evolución en el conjunto de estaciones representativas para toda España. Se aprecia la diferencia notable de los niveles de ozono en Canarias respecto a los de la península, donde son sensiblemente más altos.

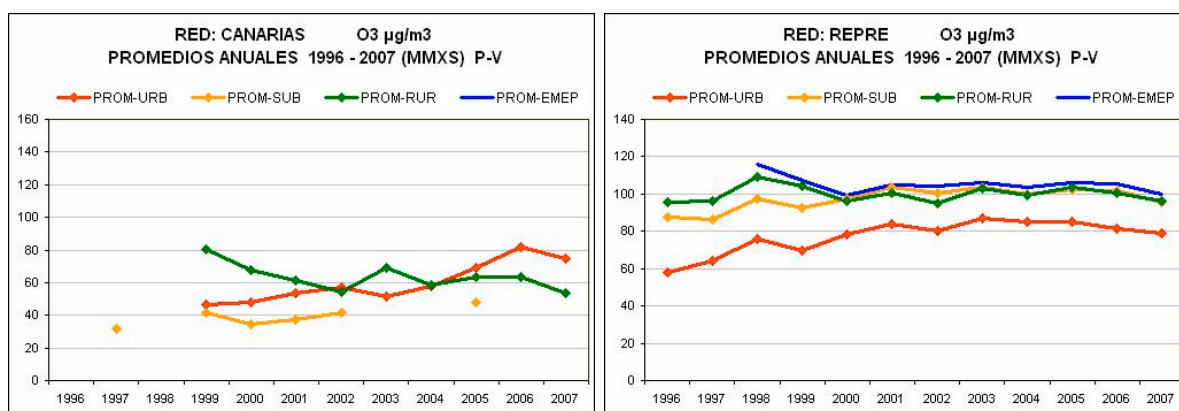


Figura 8.12.12: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de Islas Canarias. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

Las tendencias inversas, y el cambio de los niveles relativos entre las cabinas de tipo urbano y rural (una sola estación en realidad, Igüeste), no reflejan la situación real. Ambos comportamientos responden básicamente a la cantidad de huecos (debidos a la anulación de medidas en el proceso de depuración) en las series de datos. Por ejemplo de la estación de Gladiolos, que registra las concentraciones más elevadas de la red, solo se dispone de datos de calidad a partir de 2004.

8.12.4. Revisión de Recomendaciones.

Los datos disponibles de esta red revelan el cumplimiento de los valores objetivo establecidos para el ozono en la legislación. Sin embargo la distribución de las estaciones con monitor de ozono, y la gran cantidad de medidas anuladas limitan la representatividad espacio-temporal de la base de datos disponible.

No se presume que la disponibilidad de medidas en otros puntos no cubiertos por la red actual, ni la disponibilidad de datos de mayor calidad vayan a variar significativamente este diagnóstico. Pero en cualquier caso, para confirmar esta situación se proponen varios emplazamientos complementarios para la realización de campañas de medidas de 1 a 2 meses, preferentemente en Abril y Mayo (es posible que estas campañas ya hayan sido realizadas por los gestores de la red canaria, aunque no se tiene conocimiento de ello por los autores de este estudio). Estas campañas podrían llevarse a cabo empleando una unidad móvil, o instalando un monitor de ozono en alguna de las cabinas de las redes privadas. Para ello se han propuesto puntos que en la medida de lo posible coinciden con alguna de estas estaciones.



Figura 8.12.13: Mapa de las Islas Canarias con los emplazamientos de medida propuestos.

Además se propone un punto entre La Laguna y Santa Cruz de Tenerife (Geneto-Los Baldíos), donde no hay que descartar concentraciones por encima de las registradas en *Gladiolos* y *Tomé Cano*. Para este punto se recomienda un emplazamiento de tipo suburbano, y en él se llevarían a cabo el mismo tipo de campañas de medida. En función de los resultados se valoraría la idoneidad de su consolidación como un punto permanente de la red. En ese caso, este emplazamiento, que se podría cubrir con el traslado una de las dos estaciones urbanas actuales, ajustaría la vigilancia de la zona *Santa Cruz de Tenerife-La Laguna* a los criterios establecidos en el anexo VI del RD 1796/2003. Para las aglomeraciones donde se supera el Valor Objetivo a Largo Plazo este anexo exige el 50 % de las estaciones en áreas suburbanas.

Respecto a la **zonificación** en relación con el ozono no se considera necesario delimitar más zonas aparte de las dos aglomeraciones. Esta modificación es válida siempre que las medidas en los emplazamientos propuestos confirmen los niveles bajos que se registran en la red actual. En ese caso tampoco sería necesaria la instalación de emplazamientos fijos en los puntos propuestos, excepto el de la Laguna.

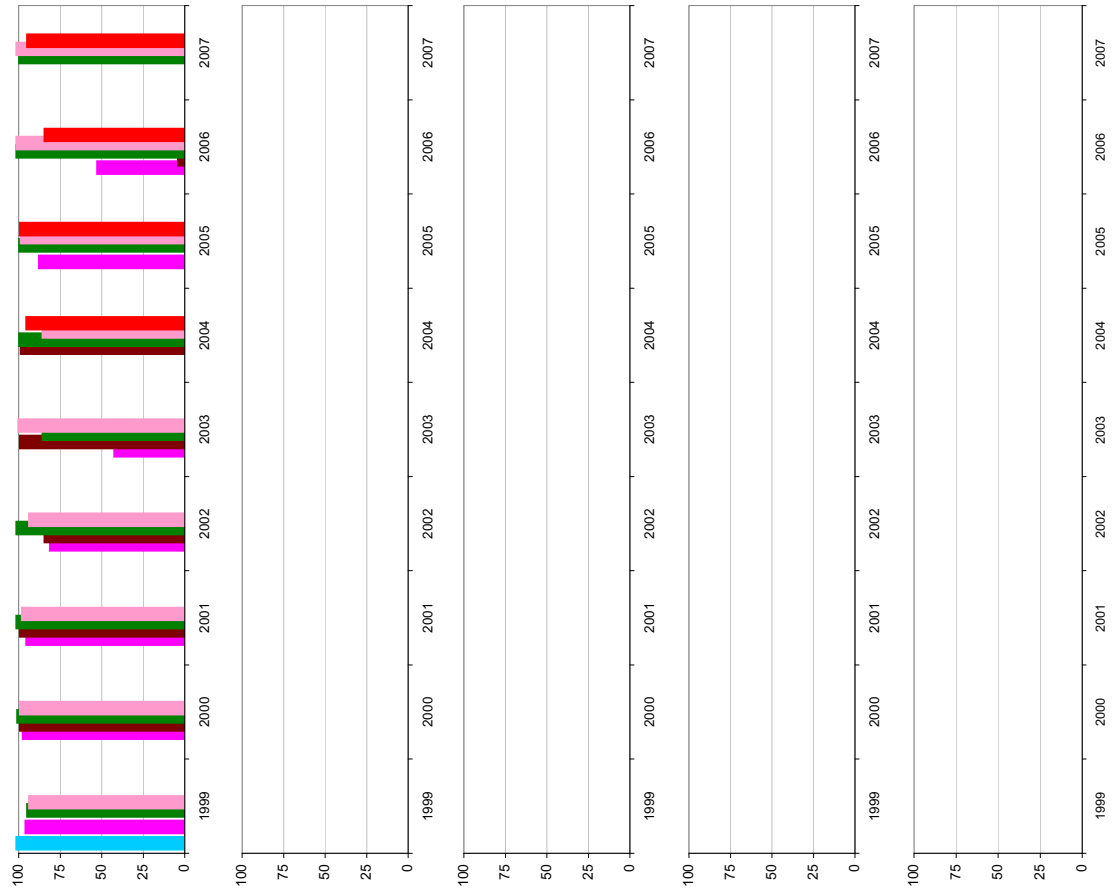
Por otro lado se recomienda también reducir los límites de las dos aglomeraciones al área metropolitana de ambas capitales. Los términos municipales utilizados actualmente para delimitar estas zonas abarcan una parte importante de territorio rural, y las concentraciones de contaminantes registradas dentro de la ciudad no son representativas de los niveles en estas áreas rurales.

8.12.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

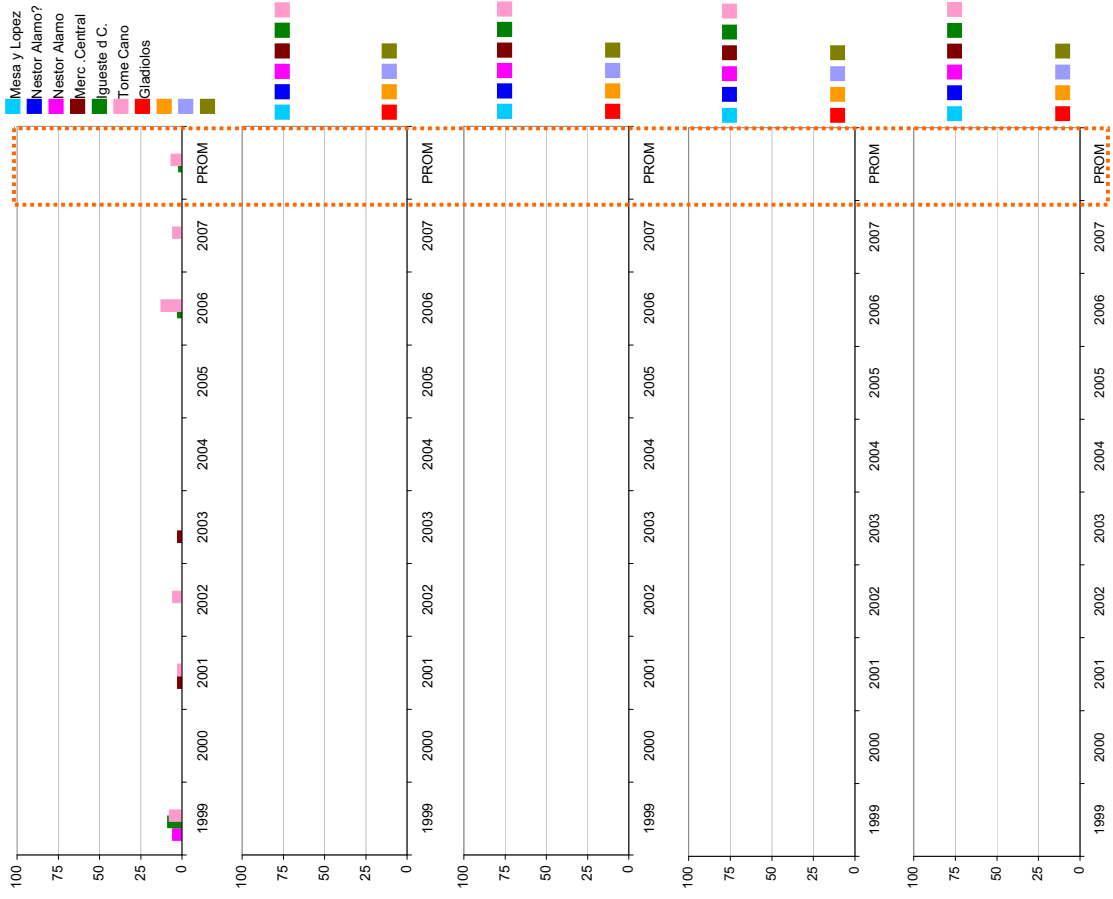
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Islas Canarias las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

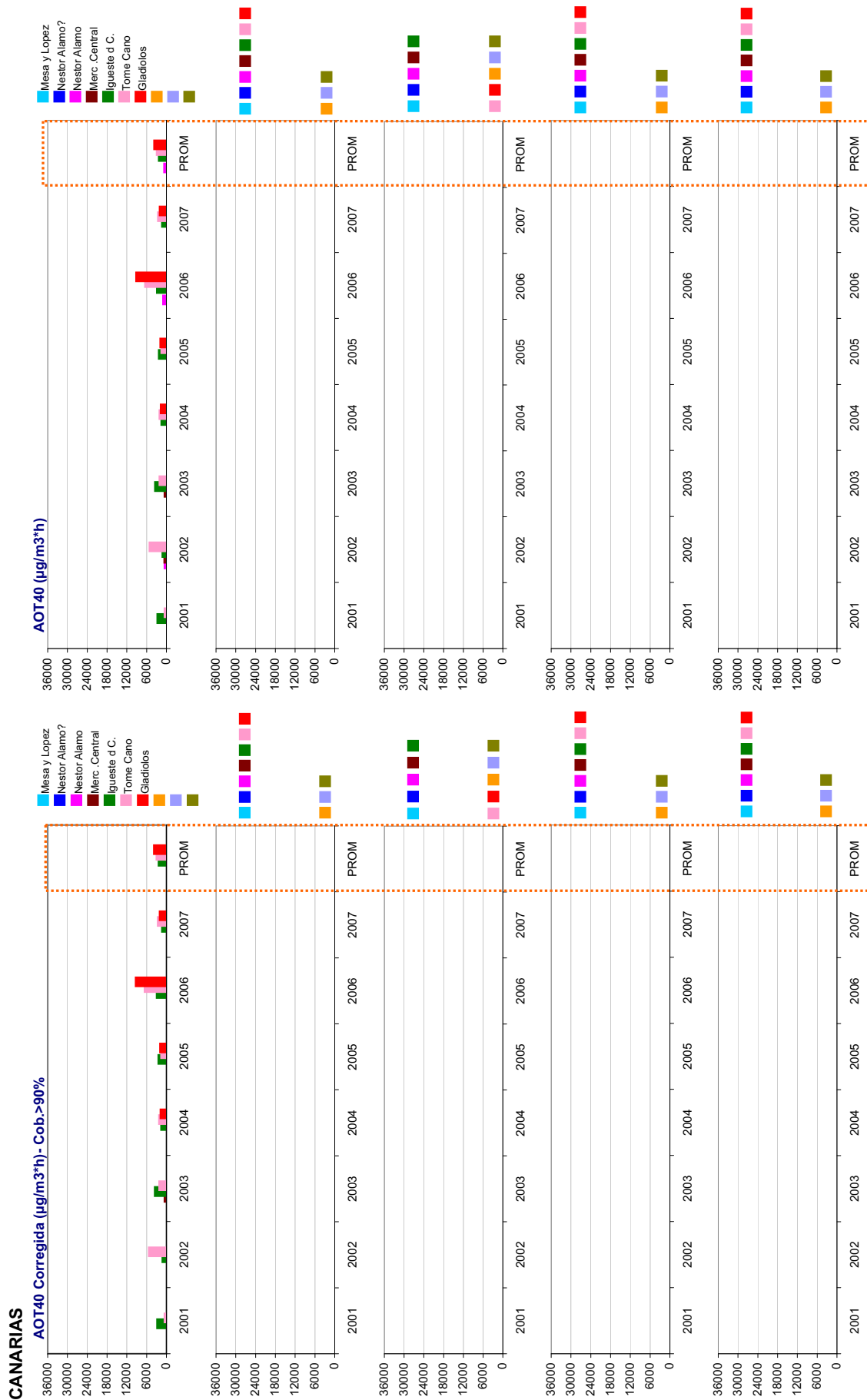
CANARIAS

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.13. Optimización de la red de calidad del aire de La Rioja.

8.13.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de la Rioja se compone de 5 estaciones automáticas. Cuatro de ellas son de tipo rural, y se localizan a lo largo de la riberia del Ebro, entre Alfaro y Logroño. Estas estaciones se instalaron en los años 2005 (Arrubal, Galilea y Pradejón) y 2006 (Alfaro). La quinta es la estación urbana situada al este de la capital, que comenzó a operar a mediados de 2001. Se trata por tanto de una red relativamente reciente, que no ha sufrido modificaciones desde su puesta en marcha. Con anterioridad a estos años se dispone únicamente de los datos de la estación EMEP que funcionó en la ciudad de Logroño hasta principios de 2001.

Como puede apreciarse en el mapa de abajo la distribución de estaciones no es homogénea. Las estaciones se disponen en el eje del río quedando el resto del territorio fuera de la cobertura de la red.

El mapa de zonificación se modificó en 2006, unificando las antiguas tres zonas *Alto Valle del Ebro*, *Bajo Valle del Ebro* y *Sierras y Somontanos*. Como resultado en la actualidad esta comunidad solo consta de dos zonas: *Logroño*, de tipo aglomeración y delimita la capital, y *La Rioja*, que abarca el resto del territorio.



Figura 8.13.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en La Rioja en 2007 (Leyenda: Rojo: Urbanas, Amarillo: Suburbanas, Verde: Rurales)

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1704	LOGROÑO	20.44	151,221	SÍ	--	--	1
ES1705	LA RIOJA	5,021.87	152,509	NO	4	--	--

Tabla 8.13.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

Los gráficos de la figura 8.13.2 muestran la evolución en el número de estaciones de la red en el periodo 1995-2007, y la distribución de estaciones por tipo de zona. Los requisitos establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto al número mínimo y tipo de estaciones en las zonas que superan algún Valor Objetivo a Largo Plazo (se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% de ellas en aglomeraciones),

no se cumplen en la zona *Logroño*. Para ello la estación existente en esta zona debería ser de tipo suburbano.

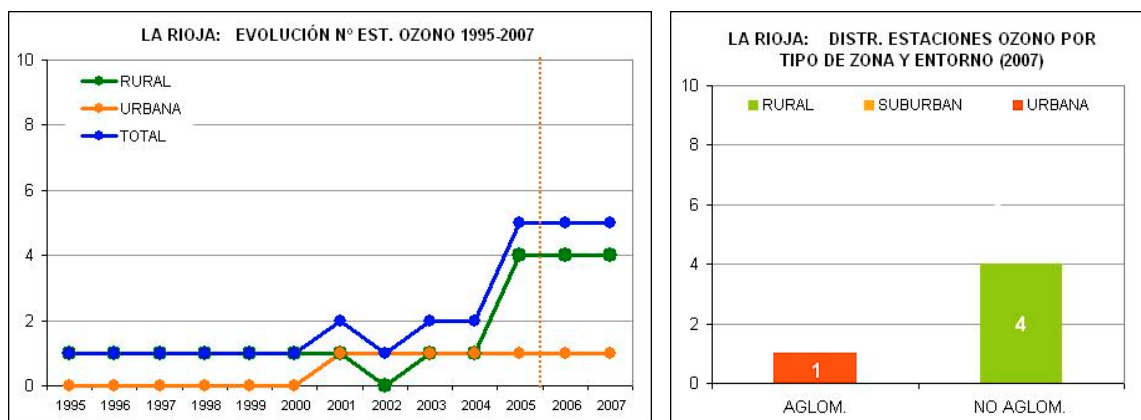


Figura 8.13.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

8.13.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.13.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.4.2 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se han revisado y se han anulado datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los datos de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis. En concreto de esta red se ha invalidado un 0.43 % de los datos. Esta porcentaje se encuentra entre los más bajos dentro del conjunto de las CCAAs.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E26011001	Alfaro	Alfaro	LA RIOJA	RURAL
E26019001	Arrúbal	Arrúbal	LA RIOJA	RURAL
E26066001	Galilea	Galilea	LA RIOJA	RURAL
E26089001	La Cigüeña	Logroño	LOGROÑO	URBANA
E26089999	Logroño	Logroño	LOGROÑO	RURAL
E26117001	Pradejón	Pradejón	LA RIOJA	RURAL

Tabla 8.13.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

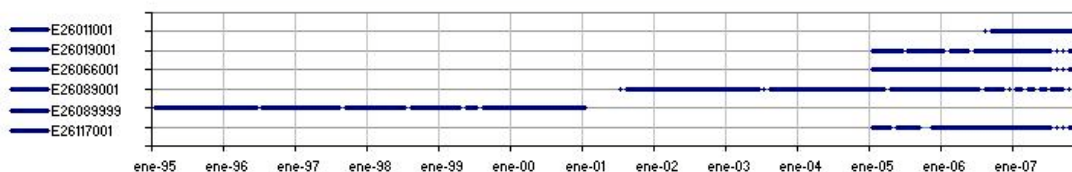


Figura 8.13.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días.

Por otra parte la base de datos disponible solo proporcionaba registros meteorológicos de los emplazamientos *Logroño* y *Prado Viejo*. El primero corresponde a la cabina EMEP que dejó de operar en 2001, y el segundo a una torre meteorológica de la que se tienen los datos del periodo 2001-2006. Estos escasos datos de variables meteorológicas se han complementado con los de las dos torres de AEMET que aparecen en el mapa.



Figura 8.13.4: Red de torres de AEMET disponibles en La Rioja

8.13.3. Dinámica del ozono en La Rioja.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en La Rioja. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales (mientras no cambien estos factores).

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

El **relieve** de la Rioja está marcado por su situación en el curso medio del río Ebro, en su margen derecha, entre las últimas estribaciones de la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico. En este territorio se distinguen al menos dos áreas diferenciadas: la franja norte básicamente llana correspondiente al extremo occidental de la depresión del Ebro, y al sur de esta y en paralelo, la zona montañosa que ocupa algo más de la mitad del territorio.

Las circulaciones de **viento** dominante en La Rioja forman parte de las que afectan a todo el valle del Ebro. Generalmente predomina la componente NO, y en ocasiones los vientos giran penetrando del SE. Esta alternancia afecta realmente a todo el valle del Ebro, y es consecuencia de la canalización del valle tanto para las circulaciones del NO (cierzo), como para el aire de origen mediterráneo. Las rosas de viento de las dos torres de AEMET en Logroño y Calahorra muestran el mismo comportamiento.

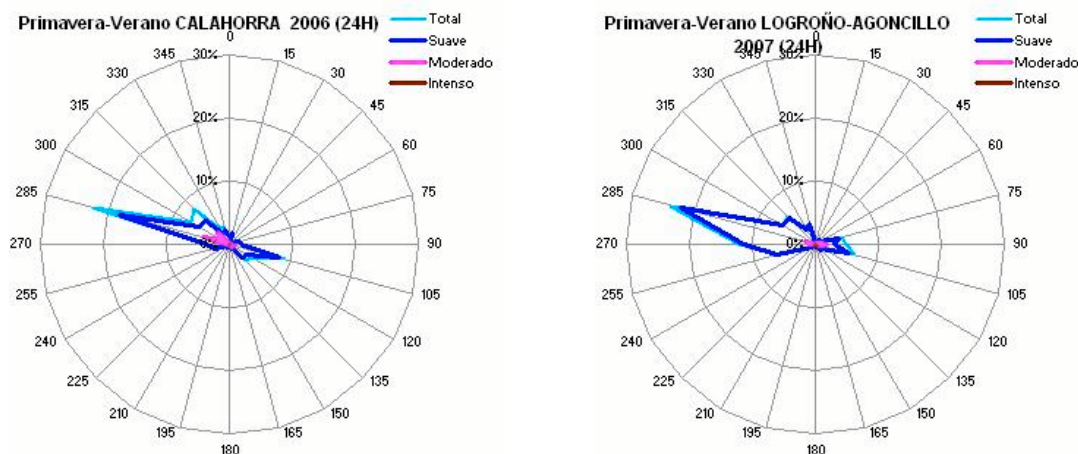


Figura 8.13.5: Rosas de viento de día (7 a 19 UTC) y de noche en el periodo de Abril a Septiembre de 2006 en Calahorra. Las rosa muestra el predominio de la componente NO y con alguna frecuencia viento del SE.
Leyenda: Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

En relación con los niveles de ozono los vientos del NO mantienen concentraciones generalmente bajas o moderadas, que pueden dar lugar en ocasiones a superaciones del Valor Objetivo a Largo Plazo de Protección a la Salud. A menudo en esas situaciones el viento gira a N a última hora de la tarde, probablemente por el alcance de la brisa del Cantábrico que puede venir cargado con concentraciones significativas de ozono.

Es la entrada de viento del SE la que provoca habitualmente las concentraciones de ozono más elevadas. La mayor parte de las superaciones del Objetivo a Largo Plazo de protección a la salud, y todas las superaciones del Umbral de Información de ozono están asociadas a esta componente, y se registran en todas las estaciones de calidad del aire, especialmente en *Galilea* y *La Cigüeña* (probablemente la menor cantidad de superaciones en *Pradejón* y *Arrubal* se deba a la influencia de emisiones cercanas). La figura 8.13.6 ilustra este comportamiento a partir de los datos combinados de dirección de viento en la torre de Calahorra y de ozono en la estación de Galilea. Se aprecia claramente que los niveles por encima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociados a la entrada de viento del SE.

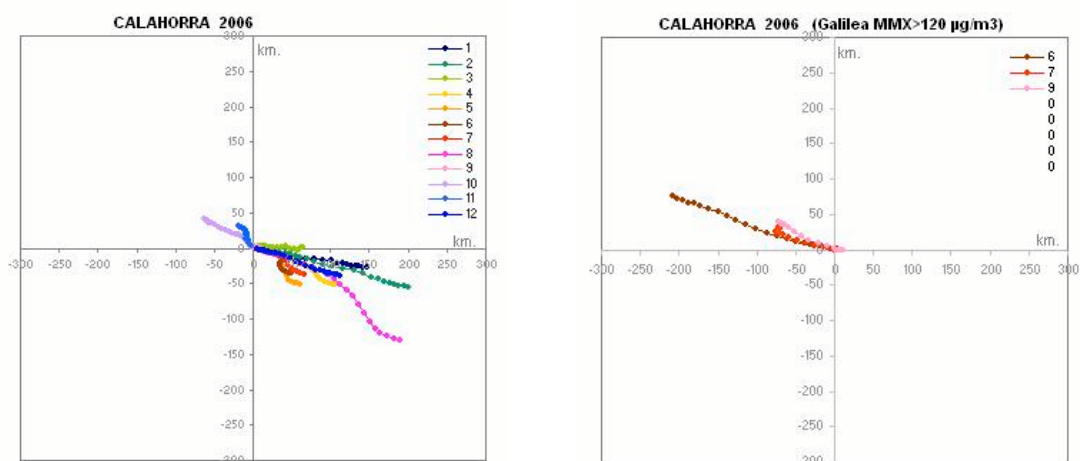


Figura 8.13.6: (Izda) Seudotrayectorias mensuales promedio de 2006 (ver definición en figura 7.2 y 7.3) calculadas a partir de los datos de las torre de AEMET en Calahorra. Casi todo el año predomina la componente NO. (Dcha) Seudotrayectorias para los días en que se supera los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en Galilea (9 días en Junio, 8 en Julio, y 5 en Septiembre de 2006).

El gráfico de la figura 5.13.7 muestra dos ejemplos típicos en el que las concentraciones registradas en *Galilea* se incrementan como consecuencia de un cambio del viento de componente NO a componente SE. En ambos casos los datos meteorológicos se han tomado de la torre de AEMET en Calahorra (Hora UTC).

El primer ejemplo corresponde a mediados de Julio de 2005. Se registra una superación del Umbral de Información a la población el día 14. Los días previos al episodio predomina la circulación del NO. El 13 el viento se debilita, y a última hora de la tarde entra del SE, que se establece los días 14 y 15. El cambio de NO a SE del 13 al 14 provoca un incremento brusco en los valores máximos de ozono en unos 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir del 16 se restablece de nuevo la circulación del NO y los niveles se reducen sensiblemente. En estos días se aprecia también el giro a N a última hora de la tarde. El ejemplo de abajo es de principios de Junio de 2006, y se puede ver el mismo comportamiento en el tránsito del día 6 al día 7.

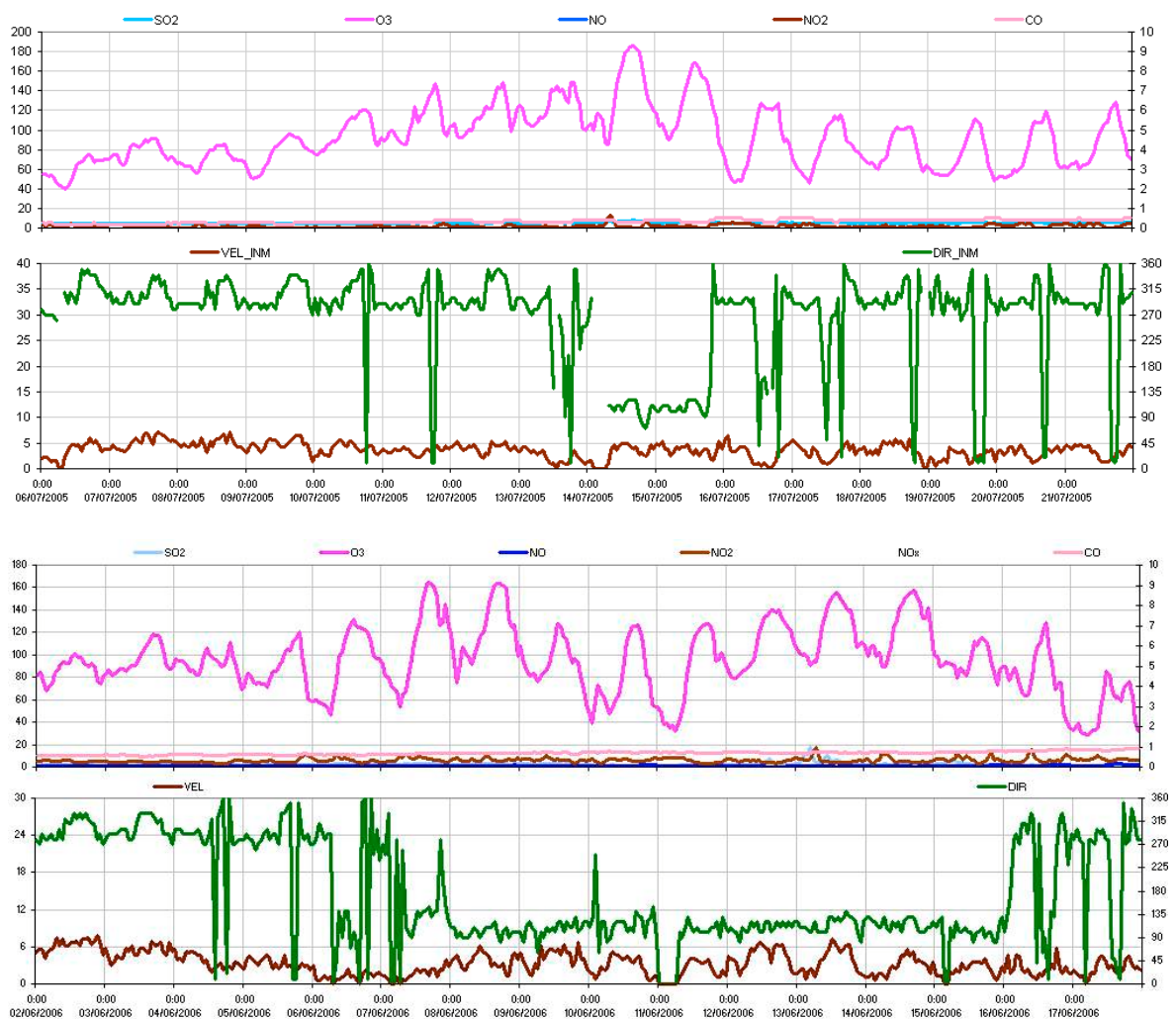


Figura 5.13.7: Series de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el periodo del 6 al 21 de Julio de 2005 (arriba) y del 2 al 17 de Junio de 2006 (abajo) en la estación de Galilea.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.13.8. muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de La Rioja. La pauta estacional muestra las mayores

concentraciones en los tres meses de Junio y Julio, con la superación del valor objetivo de protección a la salud, más frecuente en la estación de Galilea. Se desconoce causa que provoca niveles significativamente inferiores en la estación de *Arrubal* (no se descarta la posibilidad de problemas de calibración de su monitor de ozono). En todo caso los registros en este punto no son representativos de toda la zona.

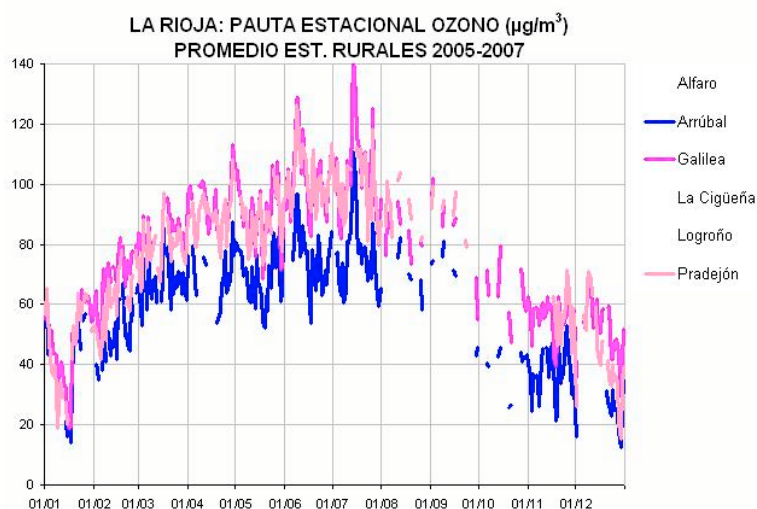


Figura 8.13.8: Año promedio de las estaciones rurales de la red de La Rioja, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. Para calcular cada promedio diario de la serie se exige al menos tres datos, es decir, se requieren tres años de medida de una estación para obtener un perfil representativo.

La figura 8.13.9 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en La Rioja, y a la derecha la misma representación para el conjunto de estaciones representativas para toda España. La disponibilidad de una única estación de tipo urbano da lugar a una serie con muchas variaciones interanuales. Por otro lado las estaciones rurales se sitúan en niveles promedio incluso inferiores a la estación urbana de *La Cigüeña*, y notablemente inferiores ($15-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a los del mismo tipo del grupo de las representativas (en parte esto se debe al peso de los datos de *Arrubal* en un grupo de solo tres estaciones rurales). La aparente tendencia negativa que muestra el conjunto de series (incluyendo la EMEP de Logroño), no puede considerarse representativa a falta de series más largas y de un número mayor de estaciones.

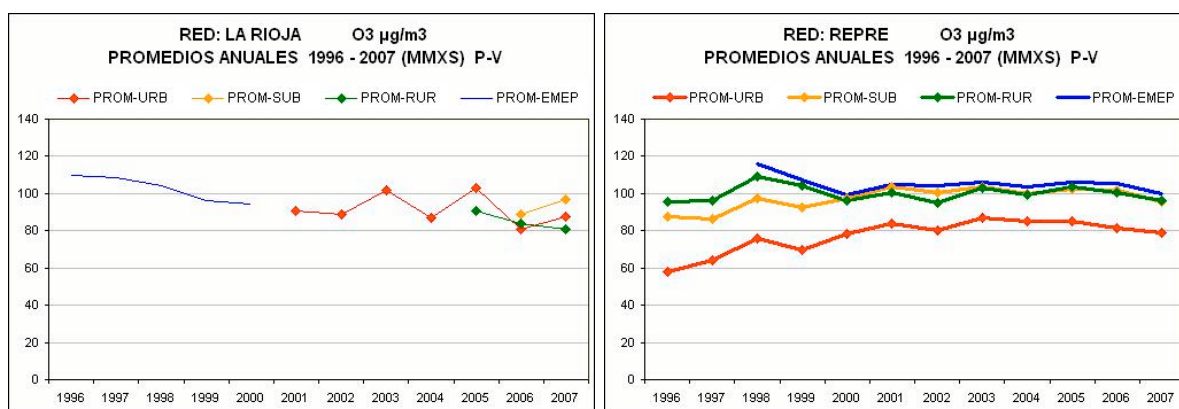


Figura 8.13.9: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de La Rioja. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.13.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio la red de La Rioja mantiene la misma configuración que tenía en 2005. Por tanto la valoración actual no difiere sustancialmente del diagnóstico emitido en el informe de Julio de 2007, en base a los datos disponibles entonces hasta el año 2005.

Las estaciones actuales proporcionan una buena vigilancia de los niveles de ozono en la parte norte de la Rioja, dentro del Valle del Ebro. Sin embargo no se dispone de estaciones automáticas en toda la franja montañosa al sur de la comunidad, donde se pueden esperar al menos valores más elevados de la AOT40.

Se propone por tanto **dos puntos de medida adicionales** en esta zona uno en la parte oriental, entorno de Igea-Cornago, y el otro en la parte occidental, entorno de Anguiano. Estos dos puntos en lugar del único y más centrado que se proponía en el informe de Julio de 2007 permitirán analizar también el posible gradiente este-oeste en las concentraciones.

Estos puntos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidad móvil equipada al menos con monitores de ozono, y torre meteorológica. A partir de los resultados obtenidos en la campaña se podría confirmar el interés de estos emplazamientos en base a los objetivos planteados. Se requieren al menos dos meses de medidas preferentemente de forma simultánea en ambos puntos. Es importante la localización en un punto apartado de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras y calles con tráfico).

En relación con la **zonificación** los datos registrados en los puntos propuestos permitirían igualmente valorar la conveniencia de volver a delimitar por separado las dos franjas de montaña y valle configuran el relieve.



Figura 8.13.10: Mapa de La Rioja con los puntos de medida, y la modificación de la zonificación propuestos.

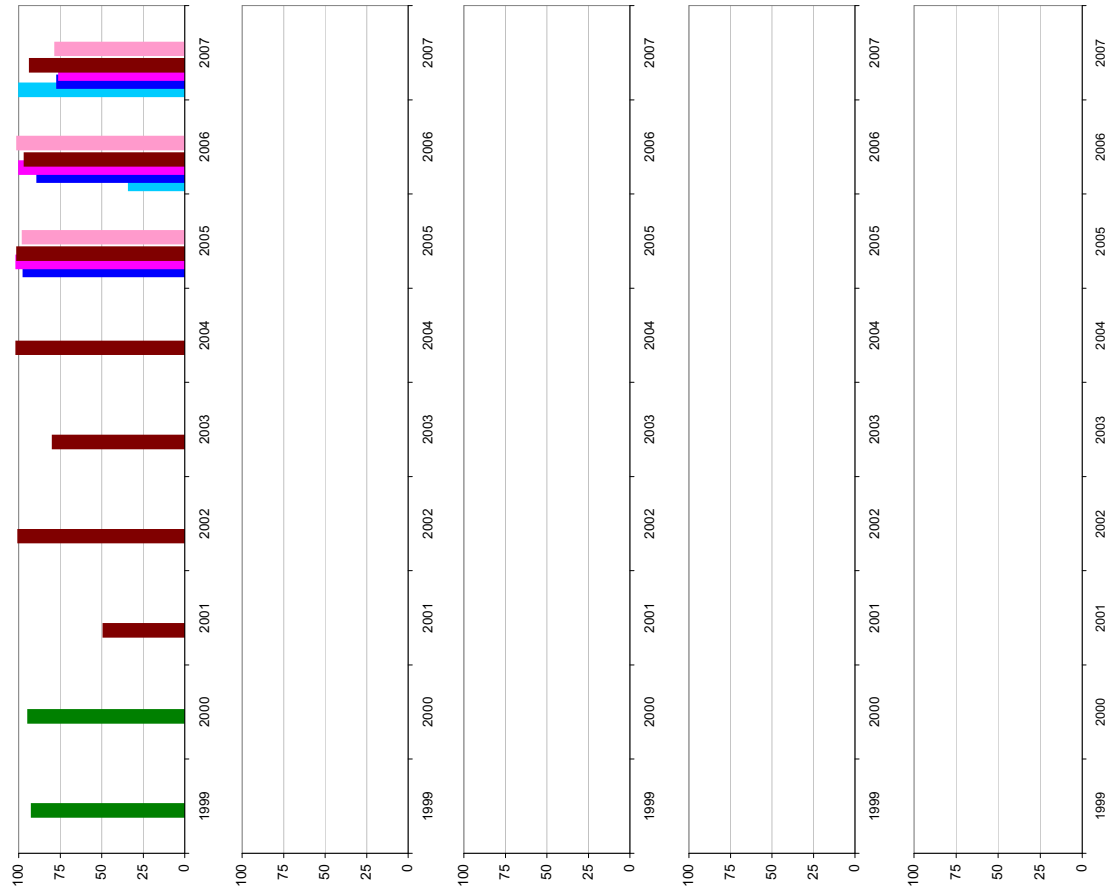
8.13.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de La Rioja las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección

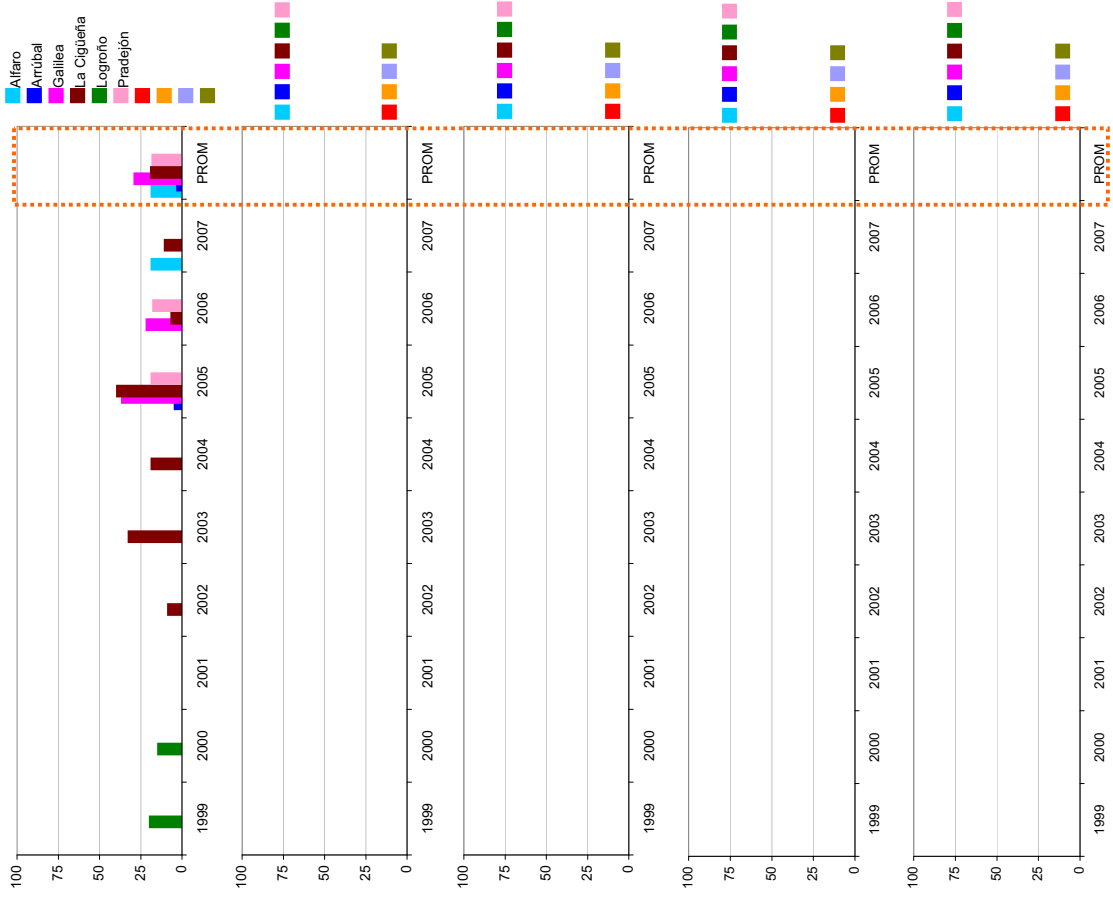
a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

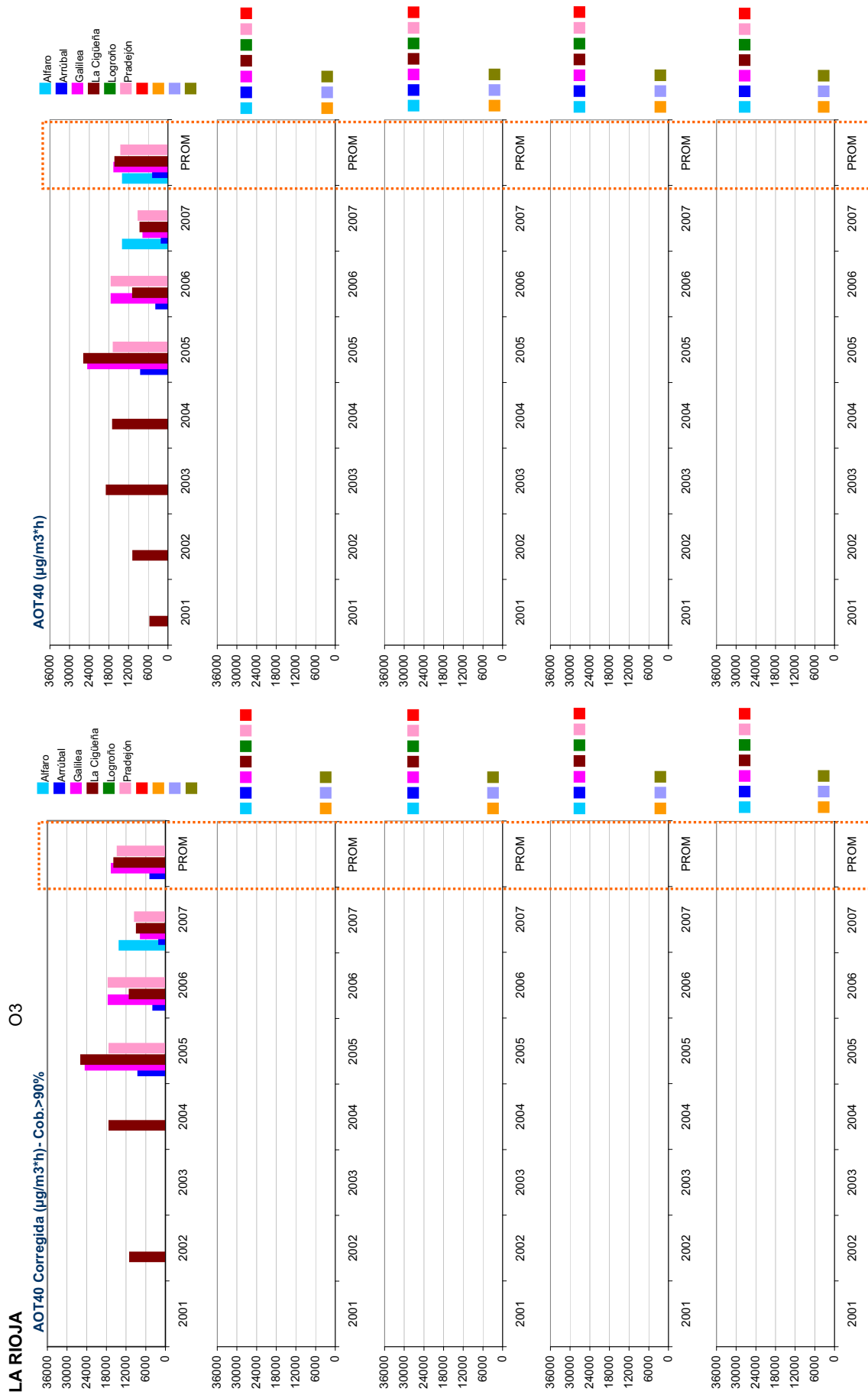
LA RIOJA

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.14. Optimización de la red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid.

8.14.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid cuenta en 2007 con 48 estaciones automáticas, todas ellas excepto una (*Barajas Pueblo*) equipadas con monitor para la medida de ozono. Este conjunto de estaciones corresponde en realidad a dos redes: la red municipal gestionada por el Ayuntamiento de la capital (25 estaciones), y la red de la Comunidad de Madrid, que abarca el resto del territorio sin solaparse con la anterior (23 estaciones).

La red de la Comunidad ha sufrido importantes modificaciones en 2006. En ese año se trasladaron 7 estaciones a nuevos emplazamientos (entre ellas las cinco estaciones rurales que existían en 2005: *Chapineria, San Martín, Guadarrama, Buitrago, y Rivas*), y además se amplió la red con 6 nuevas estaciones. El conjunto de emplazamientos resultante de todos estos cambios se distribuye en 6 rurales, 5 suburbanas y 37 urbanas. El mapa de la figura 8.14.1 muestra su distribución geográfica.



Figura 8.14.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en la Comunidad de Madrid en 2007. (Leyenda: Rojo Urbanas, Amarillo Suburbanas, Verde: Rurales).

Esta reestructuración ha modificado de forma notable la red, mejorando su cobertura espacial especialmente al Sur y Sur-Este. En este área además de la estación urbana de *Aranjuez* se dispone ahora de las estaciones rurales de *Orusco, Villarejo de Salvanes, y Valdemoro*. Por otro lado con los traslados se han interrumpido series históricas en puntos de interés como *Chapineria, Buitrago o Guadarrama*, que se ubicaban en posiciones estratégicas para el seguimiento de la pluma de Madrid. Las actuales estaciones *San Martín*

y *El Atazar* se ubican en una localizaciones equivalentes a *Chapineria* y *Buitrago* respectivamente, al menos en cuanto a la medida de ozono, pero no se puede decir lo mismo de *Collado-Villalba* (urbana), respecto de *Guadarrama* (rural). Otra consecuencia de estos cambios es por ejemplo la dificultad en valorar la calidad de los registros de las nuevas estaciones de *Villa del Prado* y *Guadalix* en 2007. En el primer caso la comparación con los datos registrados simultáneamente en *San Martín*, y en el segundo la comparación con los de *El Atazar* y *Collado*, sugieren que los registros de 2007 podrían estar infravalorando los niveles reales. El análisis en profundidad de las concentraciones de ozono en estos puntos requiere la disponibilidad de un mayor periodo de datos, incluyendo las series de variables meteorológicas. De momento es poco lo que se puede concluir a partir de estos datos.

Por su parte, la red municipal está implementando en estos momentos un plan de adaptación para redistribuir sus estaciones, y ajustar la red a los criterios establecidos en la directiva 2008/50/CE. Entre otras cosas la actual red, muy orientada a la vigilancia en puntos de tráfico, requiere mejorar las ratios de estaciones tráfico/fondo, y urbanas/suburbanas. El Anexo IX de la directiva, equivalente al Anexo VI del R.D. 1796/2003, especifica el número mínimo y el tipo de estaciones en las zonas que superan algún Valor Objetivo a Largo Plazo. En él se establece la necesidad de al menos un 50% de estaciones suburbanas en aglomeraciones.

La red resultante de todas estas modificaciones proporciona una buena cobertura de todo el territorio. La distribución de estaciones permite la medida de contaminantes en todas las direcciones respecto de la capital, foco de emisiones de tráfico de primer orden, y posibilita una adecuada vigilancia de la calidad del aire, y del ozono en particular, en toda la Comunidad de Madrid.

En cuanto a la zonificación esta ha sufrido igualmente algunas modificaciones. Se conserva la misma configuración de 4 aglomeraciones en el centro, y 3 zonas no aglomeración en los tres vértices del triángulo, pero se han ampliado sensiblemente las extensiones de las 4 aglomeraciones. Todas ellas, incluso la zona *Madrid*, que se ha ampliado para abarcar el Monte del Pardo, comprenden una parte importante de territorio rural, donde se pueden presumir niveles de contaminantes diferentes a los registrados dentro de las áreas urbanas.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1301	MADRID	606	3,099,834	SÍ	--	1	23
ES1302	CORREDOR DEL HENARES	914.20	770,939	SÍ	--	2	5
ES1303	URBANA SUR	1481	1,230,773	SÍ	--	1	5
ES1304	URBANA NOROESTE	876.10	528,797	SÍ	--	1	1
ES1305	SIERRA NORTE	1,958.70	78,564	NO	2	--	1
ES1306	CUENCA DEL ALBERCHE	1253	61,144	NO	2	--	--
ES1307	CUENCA DEL TAJUÑA	941.30	34,778	NO	2	--	1

Tabla 8.14.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

Respecto a las propuestas de optimización que se emitieron para esta red en el informe de Julio de 2007, estas consistieron en dos puntos de medida, que coinciden aproximadamente con los dos nuevos emplazamientos *Algete* y *Villarejo de Salvanés*. Ambas estaciones ya estaban de hecho operativas en esa fecha, pero esta situación no era conocida por los autores de este estudio. Con el emplazamiento equivalente a *Algete* se pretendía mejorar la vigilancia en el eje habitual de transporte de la masa aérea desde Madrid hacia

Guadalajara, y en un punto alejado de la influencia de emisiones cercanas como ocurre en la estación *Alcalá de Henares*. El nuevo emplazamiento de *Algete* se encuentra ligeramente desplazado al norte de este eje, pero se pueden presumir niveles semejantes en Fresno del Torote (punto propuesto). El número de superaciones del valor VOLP en esta cabina en 2007 es del orden del doble de las que se registran en *Alcalá de Henares* (51 frente a 21).

El segundo punto se propuso para mejorar y completar la vigilancia en la zona *Cuenca del Tajuña* (actualmente redefinida después de la modificación del mapa de zonas en 2006). En esta zona se requería la medida en un entorno rural (RD 1796/2003 Anex.VI), condición que no se cumplía en Aranjuez, ni tampoco en el anterior emplazamiento de Rivas-Vaciamadrid (aunque estaba catalogada como tal). Actualmente en esta zona operan las cabinas *Villarejo* y *Orusco*, de manera que se ha mejorado claramente la vigilancia de esta zona. Por ejemplo, en el caso de *Villarejo*, las 45 y 30 superaciones del valor $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario en 2006 y 2007 respectivamente, confirman que la nueva zona *Cuenca del Tajuña* se sitúa por encima del Valor Objetivo definido para el ozono.

El gráfico de la izquierda de la figura de abajo muestra la evolución del número de estaciones de la red en el periodo 1995-2007 (el pico de 2006 se debe a que cada uno de los traslados contabiliza como dos emplazamientos diferentes e ese año). Y el gráfico de la derecha muestra la distribución de los diferentes tipos de estaciones (Rural, Suburbana y Urbana) por tipo de zona. Como puede apreciarse la ratio 5/34 de estaciones urbanas/suburbanas en las aglomeraciones estaba en 2007 muy lejos de satisfacer el 50% que marca la legislación. Esta situación como se ha dicho está en vías de resolverse con el nuevo plan de adaptación de la red municipal del Ayuntamiento de Madrid (ver en http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calibre/contAtmosferica/Propuesta_de_Nueva_Red.html)

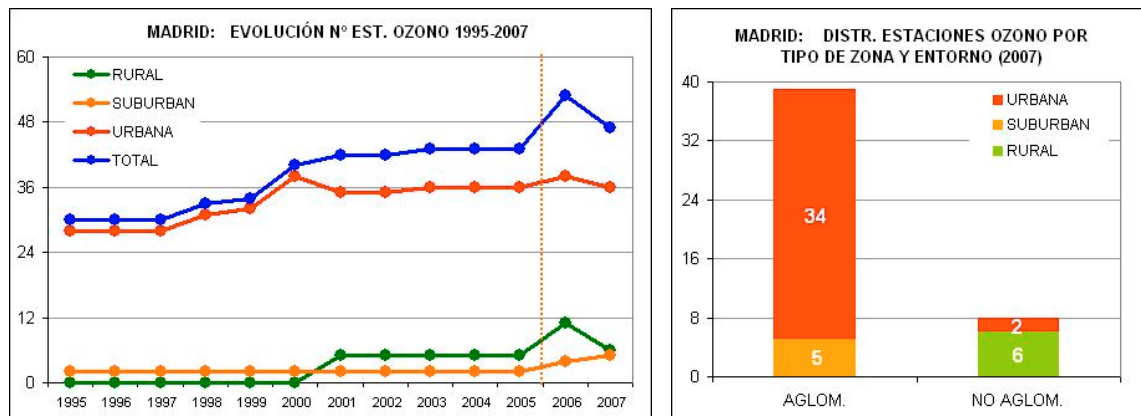


Figura 8.14.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

8.14.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.14.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.4.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos).

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E28005001	Alcala	Alcala de Henares	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28005002	Alcala (R.)	Alcala de Henares	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28006001	Alcobendas	Alcobendas	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28006004	Alcobendas (R.)	Alcobendas	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28007001	Alcorcon	Alcorcon	URBANA SUR	URBANA
E28009001	Algete	Algete	CORREDOR DEL HENARES	SUBURBAN
E28013002	Aranjuez	Aranjuez	URBANA SUR	URBANA
E28014002	Arganda	Arganda del Rey	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28016001	El Atazar	El Atazar	SIERRA NORTE	RURAL
E28027001	Buitrago	Buitrago del Lozoya	SIERRA NORTE	RURAL
E28045002	Colmenar	Colmenar Viejo	URBANA NOROESTE	URBANA
E28047002	Collado	Collado-Villalba	URBANA NOROESTE	URBANA
E28049001	Coslada	Coslada	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28049003	Coslada (R)	Coslada	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28051001	Chapinería	Chapinería	CUENCA DEL ALBERCHE	RURAL
E28058001	Fuenlabrada	Fuenlabrada	URBANA SUR	URBANA
E28058004	Fuenlabrada (R.)	Fuenlabrada	URBANA SUR	URBANA
E28065004	Getafe	Getafe	URBANA SUR	SUBURBAN
E28065012	Getafe (R.)	Getafe	URBANA SUR	URBANA
E28065013	Getafe (2R.)	Getafe	URBANA SUR	URBANA
E28067001	Guadalix	Guadalix de la Sierra	SIERRA NORTE	RURAL
E28068001	Guadarrama	Guadarrama	URBANA NOROESTE	RURAL
E28074001	Leganes	Leganes	URBANA SUR	URBANA
E28074007	Leganes (R.)	Leganes	URBANA SUR	URBANA
E28079001	Recoletos	Madrid	MADRID	URBANA
E28079002	Carlos V	Madrid	MADRID	URBANA
E28079004	Plz. España	Madrid	MADRID	URBANA
E28079006	Marañón	Madrid	MADRID	URBANA
E28079007	M.Salamanca	Madrid	MADRID	URBANA
E28079008	E. Aguirre	Madrid	MADRID	URBANA
E28079009	Luca de Tena	Madrid	MADRID	URBANA
E28079011	Ramon y Cajal	Madrid	MADRID	URBANA
E28079012	Man. Becerra	Madrid	MADRID	URBANA
E28079014	Fdez. Ladrera	Madrid	MADRID	URBANA
E28079015	Plz. Castilla	Madrid	MADRID	URBANA
E28079016	Arturo Soria	Madrid	MADRID	URBANA
E28079017	Villaverde	Madrid	MADRID	URBANA
E28079018	G.Ricardos	Madrid	MADRID	URBANA
E28079023	Alcalá Final	Madrid	MADRID	URBANA
E28079024	Casa Campo	Madrid	MADRID	SUBURBAN
E28079025	Sta. Eugenia	Madrid	MADRID	URBANA
E28079026	Urb. Embajada	Madrid	MADRID	URBANA
E28079033	Ps. Extremadura	Madrid	MADRID	URBANA
E28079034	Isaac Peral	Madrid	MADRID	URBANA
E28079035	Plz. del Carmen	Madrid	MADRID	URBANA
E28079036	Moratalaz	Madrid	MADRID	URBANA
E28079037	Ps. Pontones	Madrid	MADRID	URBANA
E28079038	Cuatro Cnos. (R.)	Madrid	MADRID	URBANA
E28079039	Barr. Pilar (R.)	Madrid	MADRID	URBANA
E28079040	Pte. Vallecas	Madrid	MADRID	URBANA
E28080003	Majadahona	Majadahona	URBANA NOROESTE	SUBURBAN
E28092001	Mostoles	Mostoles	URBANA SUR	URBANA
E28092005	Mostoles (R.)	Mostoles	URBANA SUR	URBANA
E28102001	Orusco	Orusco de tajuña	CUENCA DEL TAJUÑA	RURAL
E28123001	Rivas-Va	Rivas-Vaciamadrid	CUENCA DEL TAJUÑA	RURAL
E28123002	Rivas-V (R.)	Rivas-Vaciamadrid	CORREDOR DEL HENARES	SUBURBAN
E28133001	S.Martin	S.Martin de Valdeiglesias	CUENCA DEL ALBERCHE	RURAL
E28133002	S. Martín (R.)	S. Martín de Valdeiglesias	CUENCA DEL ALBERCHE	RURAL
E28148001	Torrejon	Torrejón de Ardoz	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28148004	Torrejon (R.)	Torrejón de Ardoz	CORREDOR DEL HENARES	URBANA
E28161001	Valdemoro	Valdemoro	URBANA SUR	SUBURBAN
E28171001	Villa P.	Villa del Prado	CUENCA DEL ALBERCHE	RURAL
E28180001	Villarejo	Villarejo de Salvanes	CUENCA DEL TAJUÑA	RURAL

Tabla 8.14.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

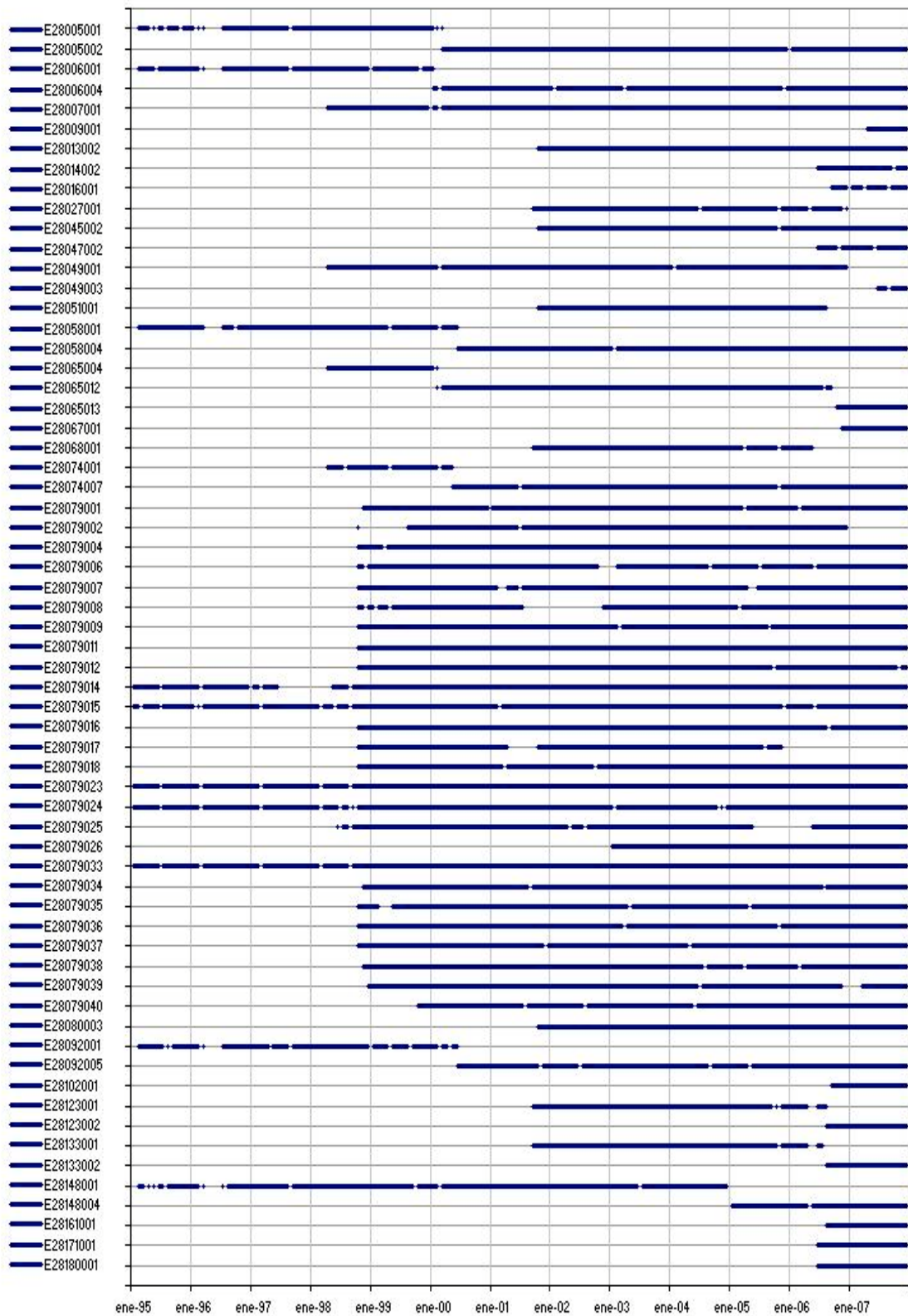


Figura 8.14.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Además de los huecos que se aprecian en el gráfico anterior, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado el 1.36 % de los datos del periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 0.08 % y el 0.22%.

En cuanto a la información meteorológica, las 23 estaciones de la red de la Comunidad disponen de torre instrumentada con sensores de las principales variables meteorológicas. Este conjunto proporciona registros en todas las direcciones respecto de la capital, y por tanto permite seguir en principio el transporte de la pluma urbana bajo todas las situaciones.



En cualquier caso los datos estos datos se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.14.4: Red de torres de AEMET disponibles en Com. de Madrid.

8.14.3. Dinámica del ozono en la Comunidad de Madrid.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en la Comunidad de Madrid. Esta dinámica está sujeta básicamente a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas también pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

La Comunidad de Madrid se sitúa al sur del sistema Central, que define sus límites con la meseta meridional. Su territorio se reparte en tres áreas o unidades de **relieve**: la sierra al norte, la llanura del Tajo al sur, y entre ambas una zona de transición surcada por varios afluentes del Tajo, en la que la altura disminuye progresivamente hacia el sur.

Las fuentes principales de **emisión** son el tráfico urbano de la capital y su área metropolitana, el tráfico interurbano de la red de autovías (y las radiales asociadas) que convergen en Madrid, y el aeropuerto de Barajas. Estas fuentes se concentran entorno a la capital, en una posición centrada respecto del territorio de la comunidad de Madrid. La dinámica de contaminantes está fundamentalmente determinada por la forma en que estas emisiones son transportadas y dispersadas por las circulaciones de viento.

En los meses de primavera y verano predominan **circulaciones** de mesoescala muy ligadas a la orografía de la región, y con un ciclo diario característico. Estas circulaciones se desarrollan bajo las condiciones anticiclónicas, sin apenas gradiente general, que habitualmente prevalecen en esta época del año. La disposición de la Sierra de Guadarrama y el calentamiento de sus laderas orientadas al sudeste, provocan que el viento fluya hacia el Norte durante el día, y que el drenaje nocturno baje por las mismas laderas, y se canalice posteriormente hacia el SO siguiendo los cauces que define el terreno.

La orientación de la sierra de Guadarrama favorece además que la circulación de viento registre un giro diario en el sentido de las agujas del reloj (el calentamiento de las laderas progresa de Suroeste a Noreste con el avance en la posición solar), hasta establecerse avanzada la tarde la componente SO. Las rosas de viento de la figura 4.14.5, y las pseudotrayectorias de la figura de abajo 4.14.6. ilustran este comportamiento.

Las rosas de viento de tres torres que abarcan un amplio rango espacial en el eje Norte-Sur del centro de la comunidad muestran el mismo comportamiento. Se han calculado a partir de los registros de Abril a Septiembre de 2007, pero no difieren de las correspondientes a años anteriores. Durante la noche (entre las 19 y las 7 UTC) la circulación es de componente NE (localmente también del N en Barajas a causa de la canalización del valle del río Jarama). Y durante el día el viento gira progresivamente, registrándose en todo el rango del 2º y 3er cuadrante, hasta instalarse del O-SO con velocidades mayores, entre 5 y 10 m/s, cuanto mayor es la cercanía a la sierra.

Como resultado de estas circulaciones, y teniendo en cuenta la distribución de las emisiones, que se concentran básicamente en la capital, habrá que esperar que los niveles de ozono sean especialmente elevados en todo el arco al norte de la capital. La red de calidad del aire así lo confirma sistemáticamente desde el año 2001 con los registros de la estación de *Buitrago*, y desde 2006 con los de *El Atazar*.

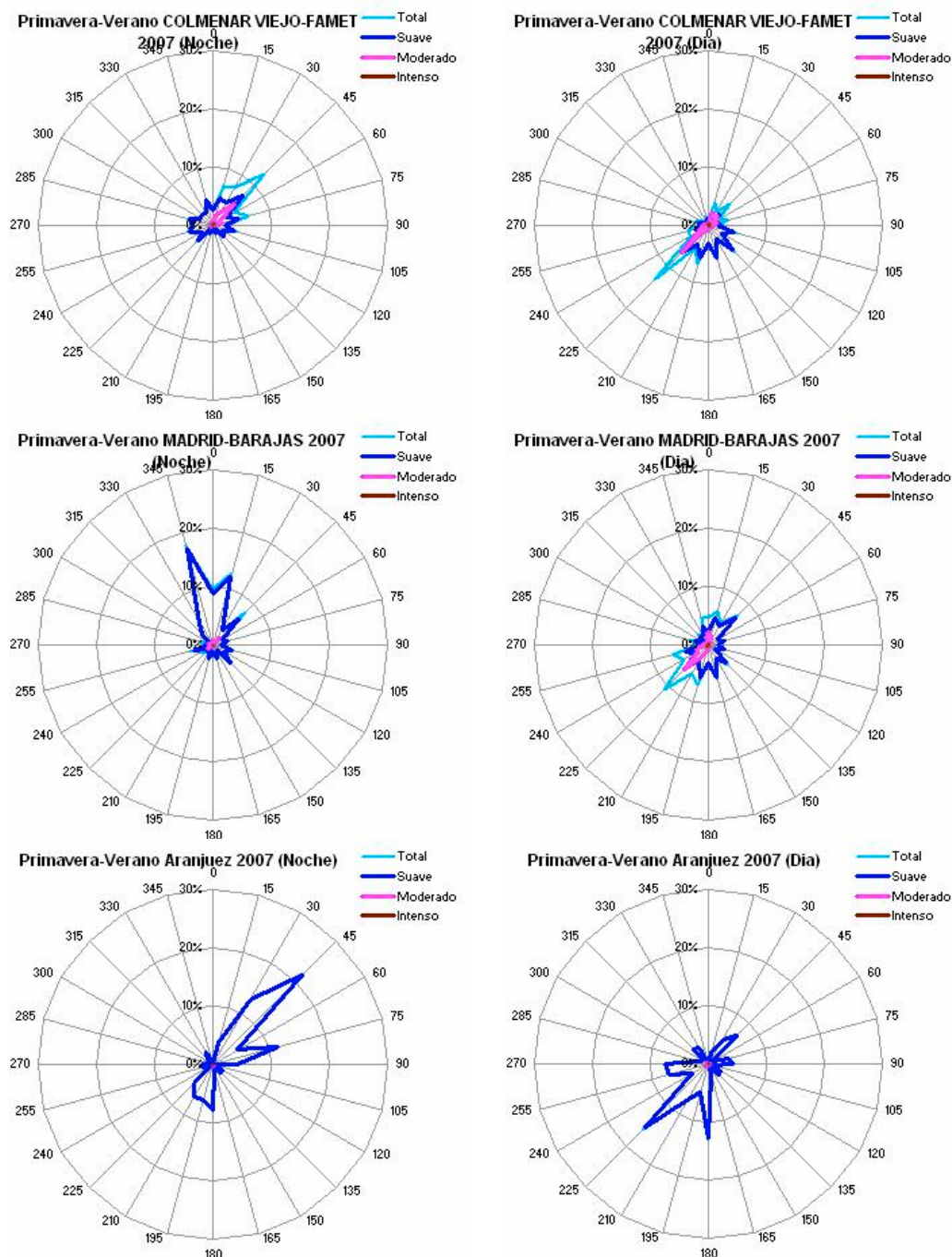


Figura 4.14.5: Rosas de viento de día (de 7 a 19 UTC) y de noche en tres torres en el periodo de Abril a Septiembre de 2007. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

Las pseudo-trayectorias correspondientes a los mismos registros con que se han calculado las rosas dan una mejor visión del recorrido de la masa aérea (se calculan para cada mes como la composición de los 24 vectores horarios promediados por separado para todos los días del mes, ver figura 7.2). El giro es más evidente en particular para los días en que se supera el valor de referencia $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de *El Atazar*.

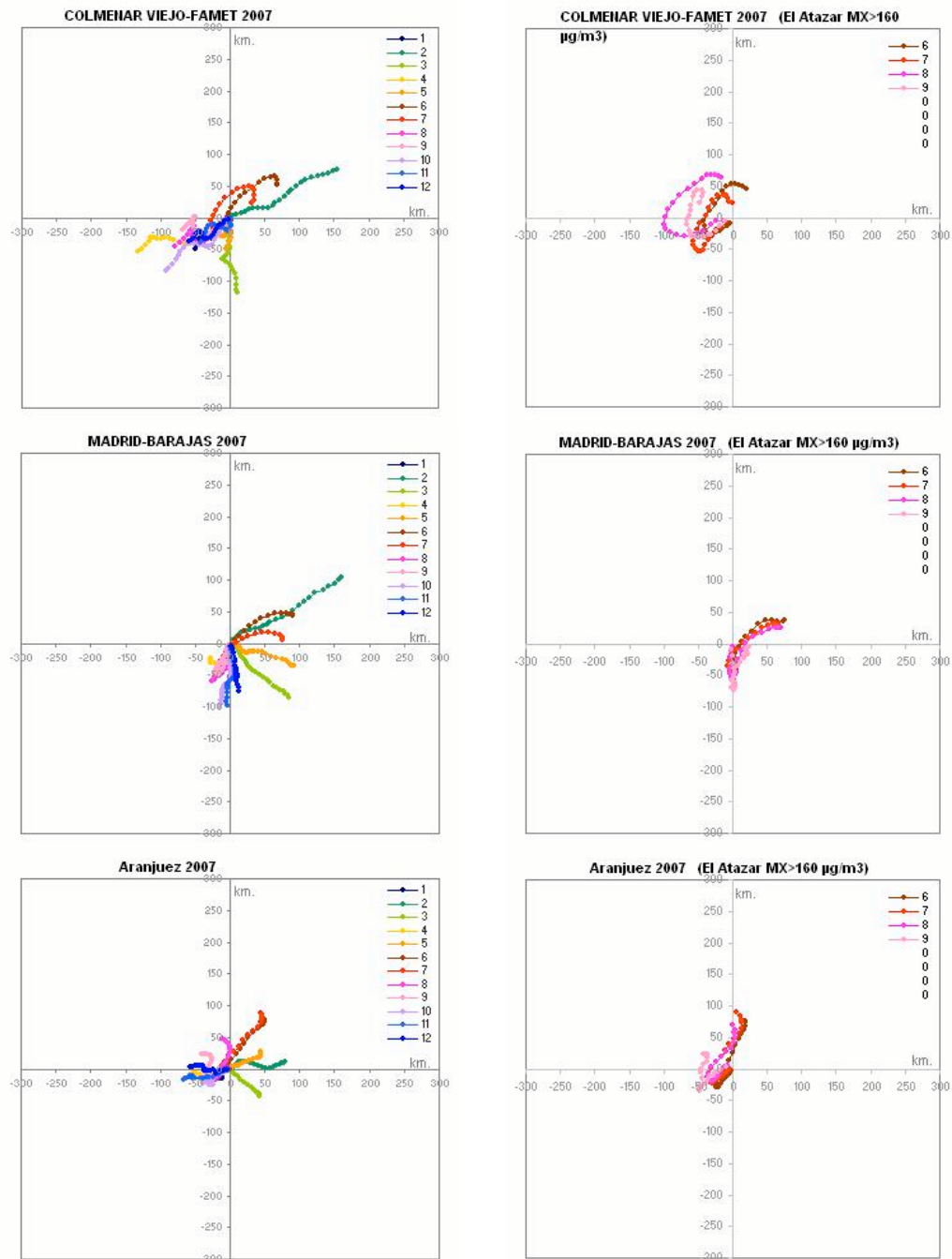


Figura 4.14.6: (Izquierda) Seudotrayectorias mensuales promedio (ver definición en las figuras 7.2 y 7.3) correspondientes a las rosas de la figura anterior. (Derecha) Misma representación solo para los días en que se superan los $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario en la estación de El Atazar (17 días entre Junio y Septiembre de 2007). El giro del viento responde a la circulación que fuerza el calentamiento de la vertiente sur de la sierra de Guadarrama.

La figura 4.14.7. muestra un ejemplo que ilustra esta dinámica a partir de los registros de ozono en las estaciones automáticas de *San Martín*, *Guadarrama*, *Buitrago* y *Campisábalos* (Guadalajara) en un periodo entre Julio y Agosto de 2004. Además de estas cuatro series se representan también los datos de partículas y variables meteorológicas de la estación de Alcobendas.

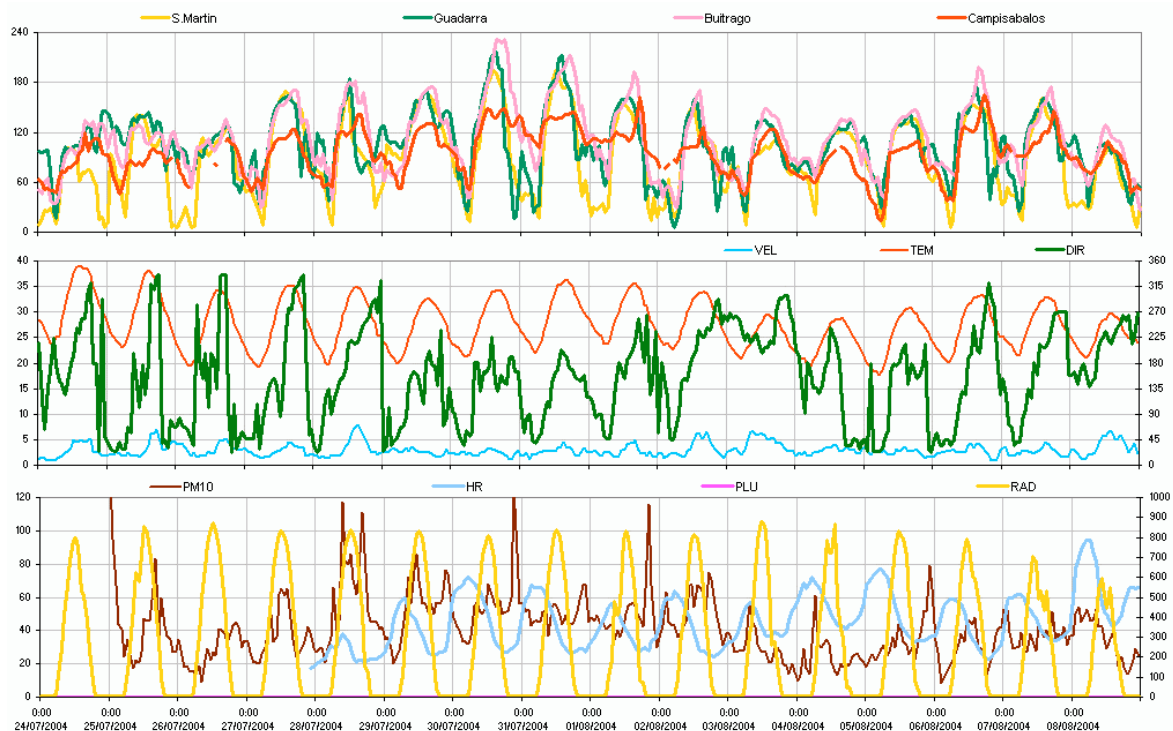


Figura 4.14.7: Secuencia de los máximos de ozono en la cuenca de Madrid bajo circulaciones de mesoescala. El orden San Martín -Guadarrama- Buitrago-Campisábalos se debe a la posición relativa de estos puntos respecto a la capital, y al giro en el viento en sentido horario.

En el periodo del 28 al 1 de Agosto de 2004 se registran superaciones del Umbral de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y en particular el día 30 los niveles casi alcanzan el Umbral de Alerta en *Buitrago*. Entre otras cosas destaca también la secuencia de los máximos de ozono. El orden San Martín -Guadarrama- Buitrago-Campisábalos se debe a la posición relativa de estos puntos respecto a la capital, y al giro del viento en sentido horario, desde NE a primera hora hasta SO a última hora de la tarde. Los datos registrados por la estación EMEP de Campisábalos, en las estribaciones orientales del sistema central, sugieren que esta dinámica de transporte se extiende hacia el norte de Guadalajara los días 27 y 28 de Julio, y 1 y 2 de Agosto (entre el 29 y el 1 no porque el giro en el viento no es completo), aunque con concentraciones de ozono sensiblemente inferiores. A lo largo de todo el periodo las partículas PM10 muestran la misma pauta general que el ozono registrándose la superación de valor límite diario para la protección a la salud humana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en varios de los días entre el 28 de Julio y el 2 de Agosto.

Por último en el gráfico 4.14.8 se representa los ciclos diarios de varias estaciones de la red calculados como promedio de los 4 días que se superó el Umbral de Información a la Población en 2007 en el Atazar. De la misma forma que se veía en el ejemplo anterior los máximos de las estaciones de Algete (a las 15 h UTC), El Atazar (a las 16 h UTC), e incluso Orusco (16-17 UTC), se retrasan respecto a los de San Martín (a las 12 h UTC) Casa de Campo y Valdemoro (a las 14 UTC), a causa del retraso en la llegada de la masa aérea cargada del ozono producido durante el transporte de las emisiones de la capital. La secuencia de los máximos responde al giro característico del viento en la cuenca de Madrid.

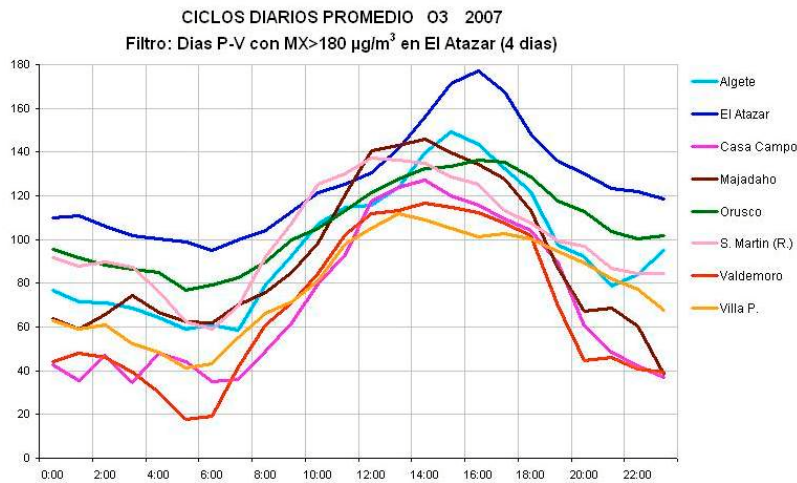


Figura 4.14.8: Ciclos diarios de ozono en varias estaciones de la red distribuidas en todas las direcciones respecto de la capital. La series corresponden al perfil promedio de los 4 días de 2007 en que se superó el Umbral de Información en El Atazar. La secuencia de los máximos indica el giro en el transporte de la pluma de Madrid.

• **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.14.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de Madrid. El perfil es muy marcado, y muy coherente entre todas las estaciones (solo se representan las rurales y suburbanas), siendo las concentraciones en promedio algo inferiores en el entorno más cercano a Madrid (*Casa de Campo*). Los niveles máximos se alcanzan en el periodo Junio-Agosto, con la superación sistemática del valor objetivo de protección a la salud en muchos de los emplazamientos.

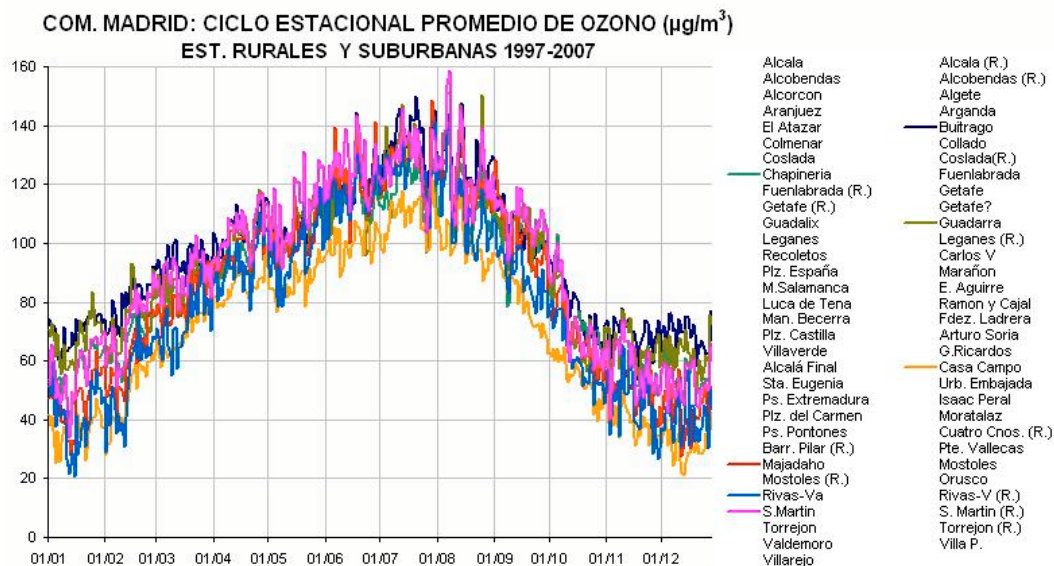


Figura 8.14.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red de la C. de Madrid, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación frecuente en alguna de las estaciones del valor objetivo de protección a la salud. (Para el cálculo de cada promedio se han exigido al menos tres valores, es decir, solo se representan estaciones con al menos tres años de datos).

La figura 8.14.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones de Primavera-Verano registradas por la red en el periodo 1996-2007 y promediadas para cada tipo de entorno, y a la derecha la misma información en el conjunto de estaciones representativas

para todo España. Al menos en los dos últimos años del periodo las tres series Urbanas, Suburbanas, y Rurales, se sitúan en niveles parecidos a los del conjunto de estaciones representativas para todo España (las urbanas algo por debajo debido probablemente a que a atmósfera de Madrid está más cargada de NO, y por tanto tiene un mayor potencial de consumo de ozono).

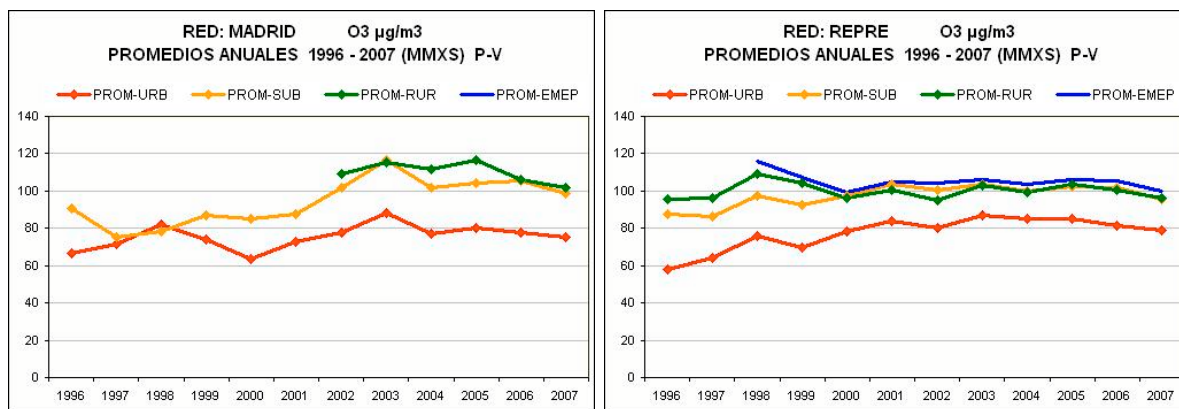


Figura 8.14.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red de la C. de Madrid. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

El cambio en los niveles dentro del grupo de estaciones rurales a partir de 2006 no responde a causas naturales, sino a las modificaciones que han tenido lugar en la red. Como se ha comentado al principio, en 2006 se trasladaron las 5 estaciones rurales de la red. Con la nueva configuración existen 6 emplazamientos de tipo rural, y proporcionan una cobertura espacial incluso mejor que antes. Sin embargo, las concentraciones de las estaciones *Guadalix* y *Villa del Prado* son notablemente inferiores a las registradas en las otras 4, entre ellas *El Atazar* y *San Martín*, en principio respectivamente equivalentes a las dos anteriores. Y también son inferiores a las concentraciones que se registraban en cualquiera de los antiguos emplazamientos rurales. La falta de datos anteriores a 2006 no permite extraer conclusiones sobre posibles problemas de calibración de los monitores en ambos emplazamientos, pero no se descarta esta posibilidad.

Por último, en el periodo 2002-2005 se habían observado tendencias crecientes en los niveles de ozono de varias estaciones localizadas en el arco norte en torno de la capital (ej. *Buitrago*, *Guadarrama*, *Colmenar*), que se trasladaban al número de superaciones del VOPS y a los valores de AOT. Y al contrario se observaron tendencias decrecientes en el periodo 2003-2005 en estaciones situadas en el arco sur (*Aranjuez*, *Chapineria*, *Fuenlabrada*, *Móstoles*), y dentro de la propia capital (ej. *Alcalá Final*, *Villaverde*, *Pl. España*, *Barrio del Pilar*, *Puente de Vallecas*, *Urb. Embajada*, *Isaac Peral*, *Casa de Campo*, etc.). Estas tendencias se invirtieron en su mayoría a partir de 2006, de manera que más que tendencias habrá que pensar en variaciones interanuales, cuyas causas son por el momento difíciles de determinar.

La tendencia decreciente sí se conserva de forma muy clara, incluso podría decirse espectacular, en la serie de datos de la cabina de *Aranjuez* (de 2003 a 2007 el número de superaciones del VOLP, establecido en 120 µg/m³ como máximo diario del promedio

octohorario, ha pasado de 123 a 2, y la AOT40 de 47.339 a 9.285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ninguna de las estaciones más próximas a Aranjuez, Valdemoro, Villarejo, y Toledo, registra números tan bajos en 2007 (en estos emplazamientos se superó el VOLP en 10, 30 y 39 ocasiones respectivamente en ese año). De igual manera que en el caso de *Guadix y Villa del Prado*, no se descartan en este caso problemas técnicos del monitor de *Aranjuez*.

8.14.4. Revisión de Recomendaciones.

Con las ampliaciones de la red primero en 2001, y posteriormente en 2006, se ha mejorado sustancialmente la cobertura de la red. Y una vez se implementen las modificaciones previstas en la red del Ayuntamiento de Madrid se dispondrá de una configuración de nuevo mejorada. Se contará con 14 estaciones de medida de ozono en la capital (la legislación exige un mínimo de 7), distribuidas por tipo de entorno en 4 suburbanas ubicadas en puntos de la periferia y en todas las direcciones, 7 urbanas de fondo, y 3 urbanas de tráfico.

La red resultante de todas estas modificaciones estará bien dimensionada, con un número y una distribución de estaciones que proporciona una buena cobertura de todo el territorio. Se pueden explorar sin embargo puntos de medida alternativos en todas las zonas.

En las 4 aglomeraciones se mide mayoritariamente en emplazamientos de tipo urbano, y como se ha comentado al principio gran parte del territorio que abarcan es de tipo rural. La vigilancia del ozono en estas zonas, especialmente en áreas forestales y de cultivos, se podría mejorar desplazando alguna de las estaciones actuales a este tipo de entornos (aunque la legislación no exige la medida en entornos rurales dentro de aglomeraciones). Otra alternativa sería redefinir el mapa de zonas para separar estas áreas de las aglomeraciones. Aunque esto puede resultar difícil de aplicar, debido a la dispersión de las numerosas áreas urbanas en estas zonas.

En el caso de la zona *Madrid*, la futura estación del El Pardo, aunque clasificada como suburbana, responde al esquema mencionado, y no se considera necesario proponer otros puntos complementarios en esta zona. Si se proponen en cambio 3 puntos para las otras tres aglomeraciones. En el mapa de la figura 8.14.11 se indican con carácter orientativo estos 3 puntos, pero es importante la valoración de los gestores y técnicos locales, cuyo conocimiento del terreno es fundamental para la determinación de emplazamientos apropiados. En todos los casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras con tráfico, en calles transitadas de poblaciones, sotavento de emisiones industriales...).

Los emplazamientos están seleccionados y concebidos para una campaña previa de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de ozono y torre meteorológica. A partir de los resultados de esta campaña, que debería ser programada en los meses de primavera y verano, se confirmaría si todos ellos deben pasar a formar parte de los emplazamientos permanentes de la red.

En cuanto a las 3 zonas de tipo no aglomeración, los criterios marcados por la directiva 2008/50/CE requieren la medida en al menos un emplazamiento de tipo suburbano. Probablemente las cabinas de Villarejo, Guadalix y San Martín, aunque clasificadas como rurales (según la información recibida del Ministerio), puedan ajustarse a esta categoría. De manera que en estas zonas no se proponen puntos de medida alternativos, se requeriría en todo caso el cambio de clasificación de las anteriores estaciones.



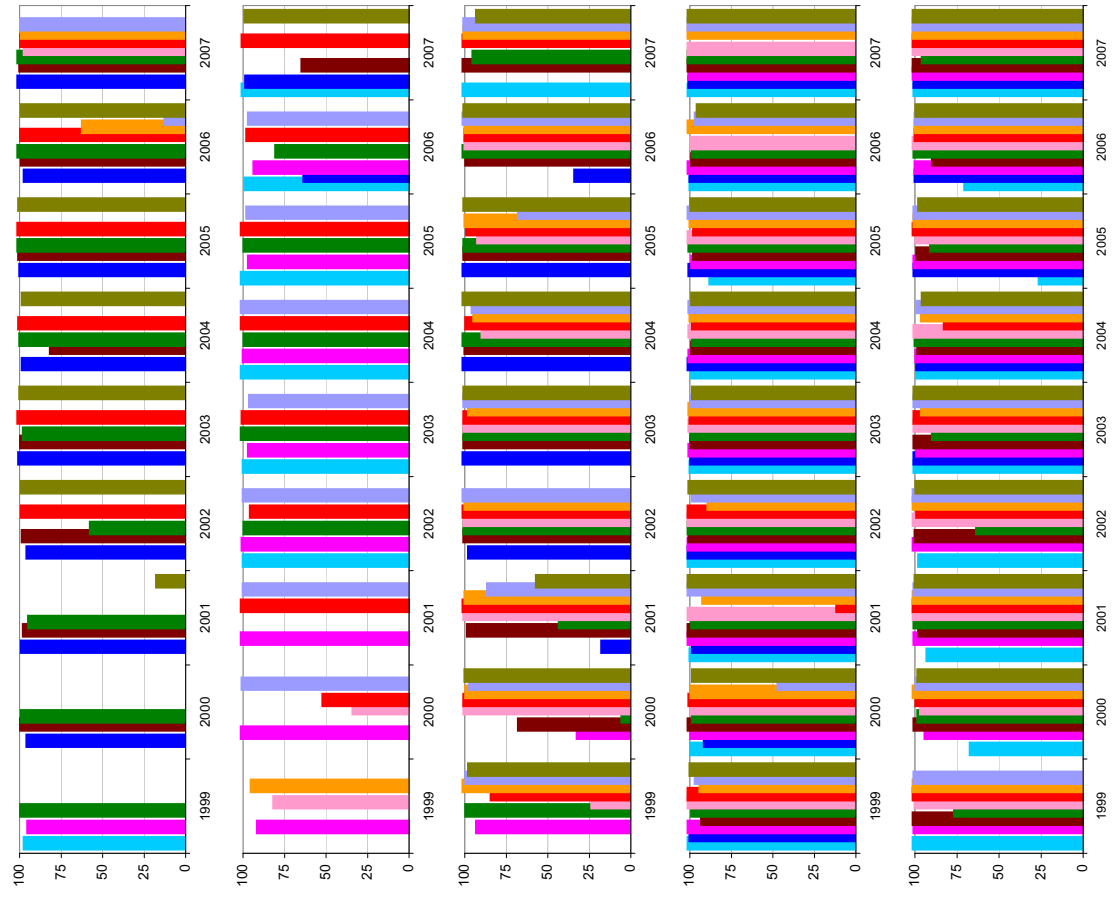
Figura 8.14.11: Puntos propuestos para medidas complementaria en la red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid.

8.14.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

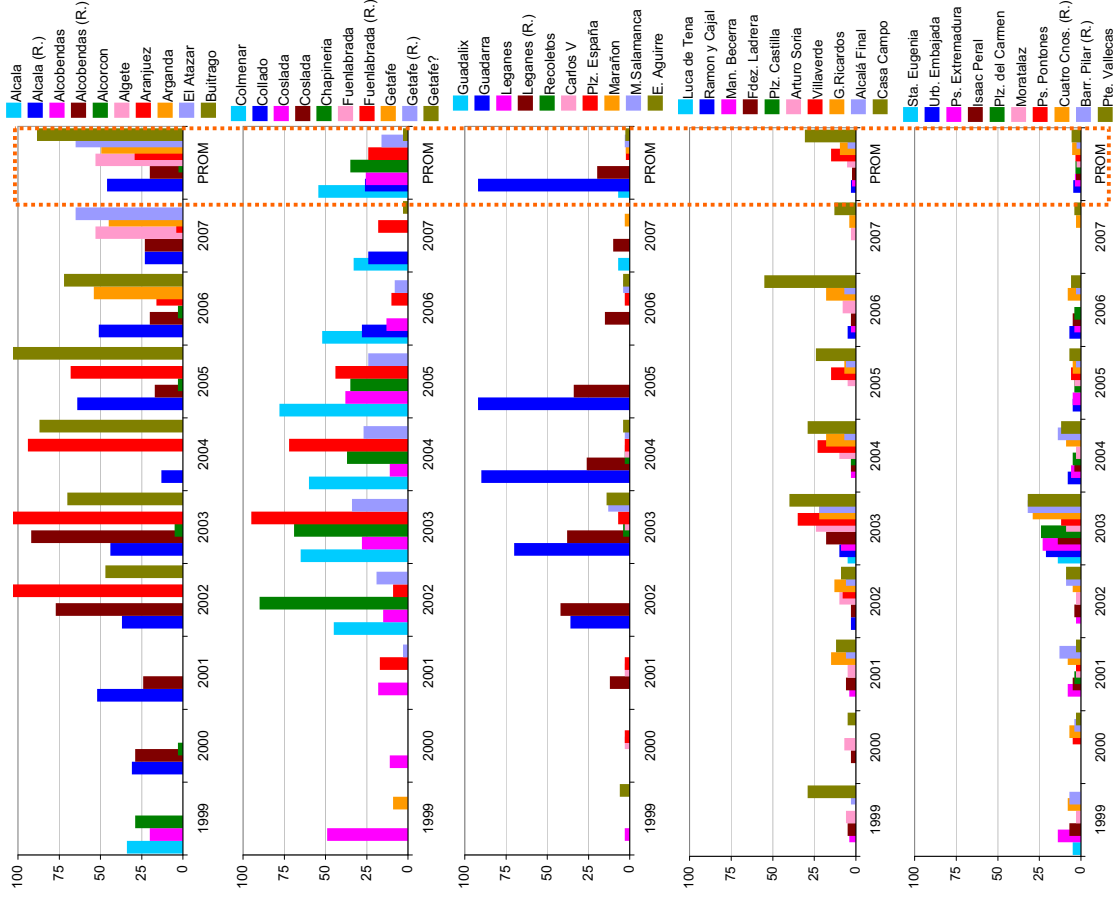
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de la Comunidad de Madrid las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

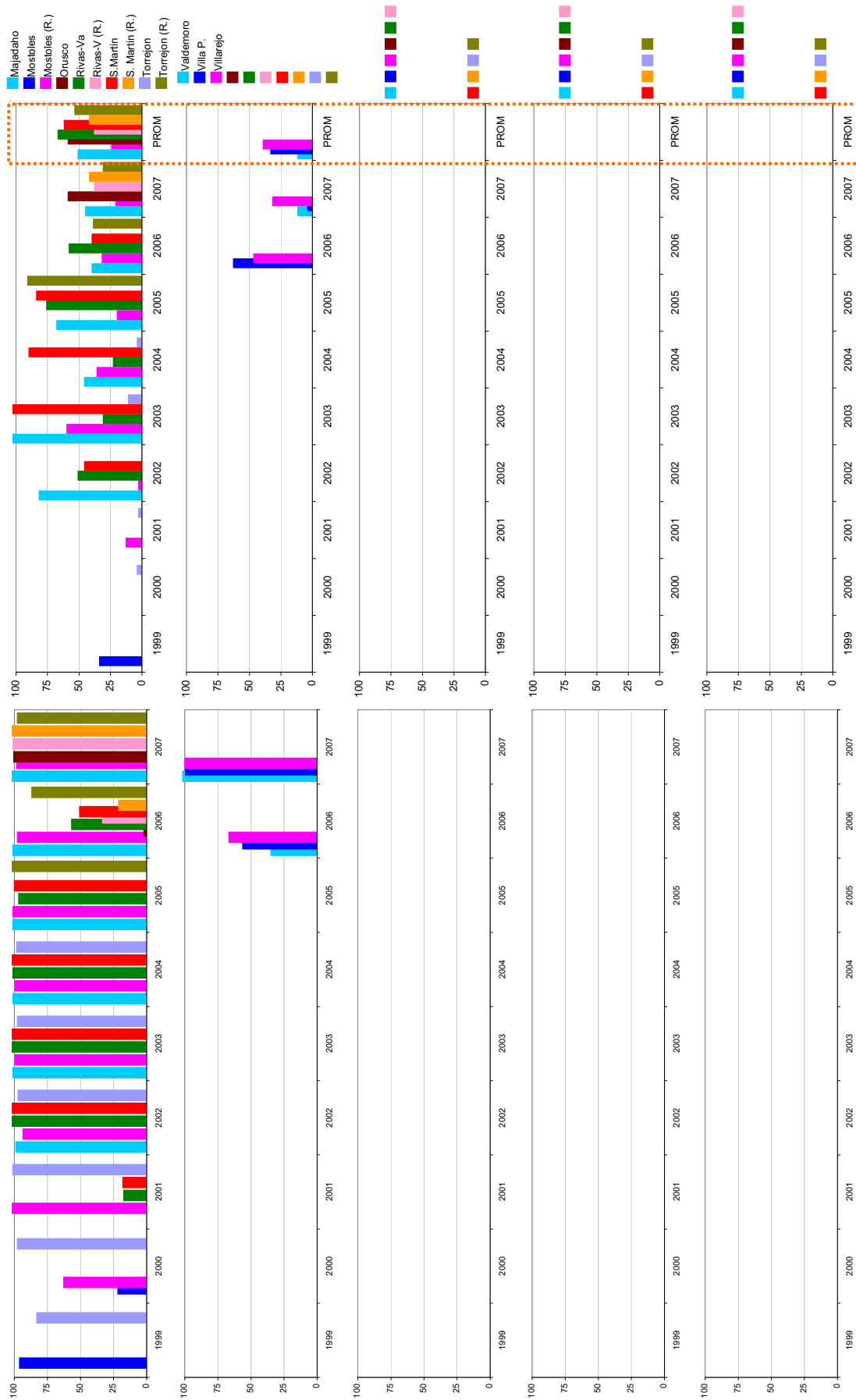
MADRID

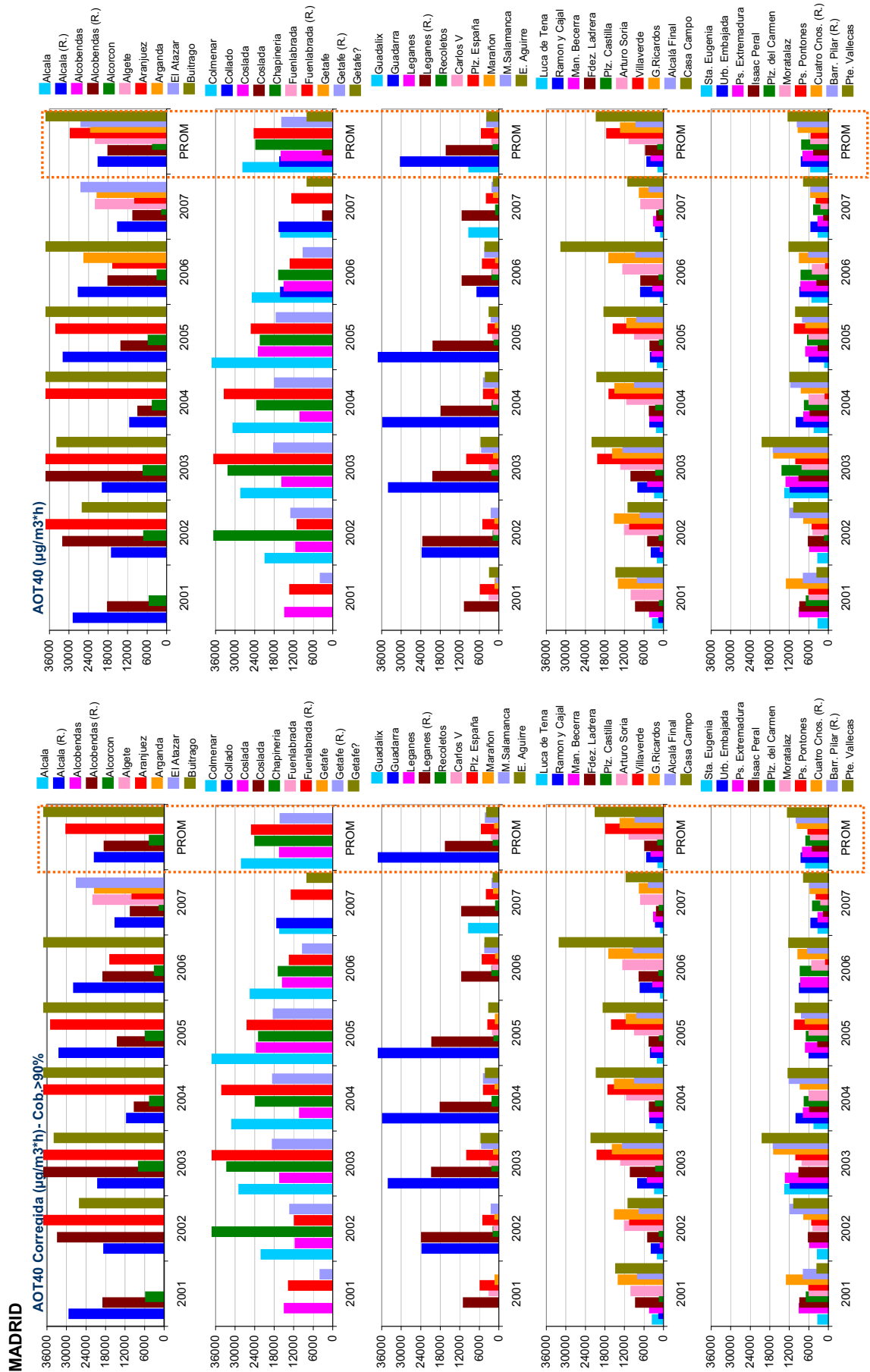
COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)









8.15. Optimización de la red de calidad del aire de Murcia.

8.15.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

A red de calidad del aire de la región de Murcia cuenta en 2007 con 10 estaciones de medida de la calidad del aire, 6 de ellas dotadas con monitor de ozono. El grupo de estaciones de ozono se distribuye en los emplazamientos que muestra el mapa de la figura 8.15.1. Además la estación de *La Unión*, muy próxima a la de *Alumbres*, mide también este contaminante, aunque no se han recibido los datos de 2006 y 2007 (se dispone de los datos del periodo 1999-2005), por lo que no han podido ser tenidos en cuenta.

Respecto al diagnóstico emitido en el informe de Julio de 2007, realizado en base a los datos disponibles entonces hasta 2005, la red no ha modificado su configuración. Y lo mismo ocurre respecto a la zonificación, que delimita 7 zonas (tabla 8.15.1). Dos de ellas son de tipo aglomeración, *Cartagena* y *Ciudad de Murcia*. El resto consiste en las tres zonas relativamente extensas *Litoral*, *Centro*, y *Norte*, que ocupan respectivamente la mayor parte de la franja costera, los márgenes de las dos principales cuencas hidrológicas (Segura y Guadalentín, que discurren paralelas a las dos principales vías de tráfico interurbano: Autovía del Mediterráneo y Autovía Murcia-Albacete), y las sierras del interior. Por último en el vértice sudeste dos zonas de pequeño tamaño: la zona industrial *Valle de Escombreras*, y la zona *Mar Menor* abarcando la laguna y sus márgenes.



Esta red está fundamentalmente orientada a la vigilancia de las emisiones industriales y de tráfico urbano, y todas sus estaciones se localizan en áreas urbanas y suburbanas. En relación con el ozono ofrece una buena cobertura en la vertiente costera, pero no se dispone de puntos de medida en el interior, zona *Murcia Norte*, donde se pueden presumir niveles incluso por encima de los que registra la red actual.

Figura 8.15.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en la Región de Murcia en 2007.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1401	COMUNIDAD DE MURCIA NORTE	7,169.43	62,651	NO	--	--	--
ES1402	COMUNIDAD DE MURCIA CENTRO	1,271.71	208,838	NO	--	1	--
ES1403	COMUNIDAD DE MURCIA LITORAL	2,197.56	146,187	NO	--	1	--
ES1404	VALLE DE ESCOMBRERAS	59.80	5,221	NO	--	1	--
ES1405	MAR MENOR	243.23	62,651	NO	--	--	--
ES1406	CARTAGENA	93.62	182,733	SÍ	--	--	1
ES1407	CIUDAD DE MURCIA	276.47	522,096	SÍ	--	2	--

Tabla 8.15.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

El gráfico de la izquierda de la figura 8.15.2 ilustra la evolución en el número de estaciones de la red en el periodo 1995-2007. Y el de la derecha muestra la distribución de estaciones por tipo de zona.

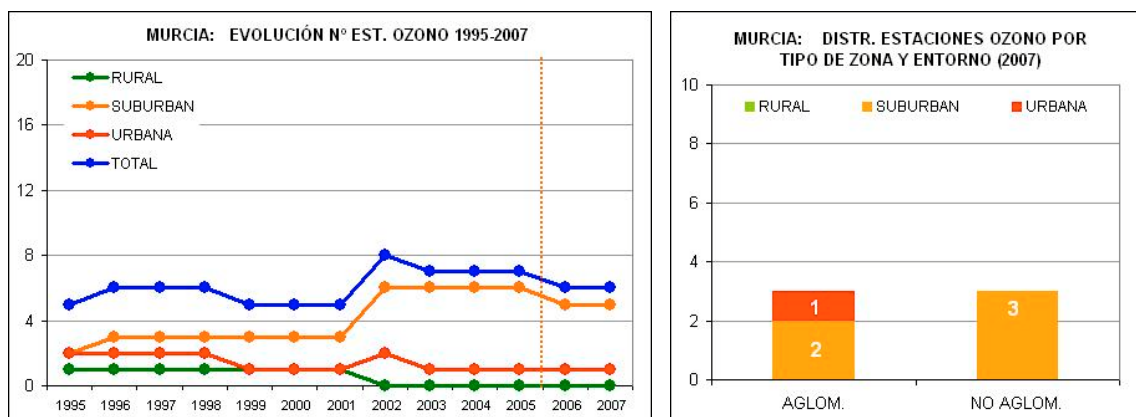


Figura 8.15.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

8.15.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.15.2. recoge el listado de estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.4.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en las series de ozono. Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado el 16.94% de los datos de ozono en el periodo 1996-2006. Y de los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 10.75% y el 4.68%. Aunque la calidad de los datos ha mejorado sensiblemente se precisa un mayor esfuerzo en el control de calidad de los datos de la red. A modo de ejemplo se enumeran los periodos más largos de datos anulados (superiores a un mes de duración), en 2006 y 2007: *Alcantarilla* 26/07/2006-31/12/06; *Lorca* 13/01/2007-5/03/2007; *San Basilio*: 13/01/2007-5/03/2007, y 16/06/2006-23/07/2006; *Alumbres*: 9/08/2006-19/09/2006. En su mayoría de trata de registros planos o anormalmente bajos, no adjudicables a causas naturales, y pautas anómalas debidas a inestabilidad del monitor.

En la revisión y validación de los datos se aplica el procedimiento utilizado por el CEAM para la validación de los datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana. El procedimiento desarrollado y optimizado a lo largo de los diez años de experiencia, se ha divulgado entre los gestores de la calidad del aire en España a través de los últimos Seminarios de Calidad del aire en España, y a través de este mismo estudio con la organización de la jornada de trabajo sobre validación de datos.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	AREA
E30005002	Alcantarilla-A	Alcantarilla	CIUDAD DE MURCIA	SUBURBAN
E30016001	Alumbres	Cartagena	VALLE DE ESCOMBRERAS	SUBURBAN
E30016004	S. Gines	Cartagena	CARTAGENA	URBANA
E30016006	Cartagena1?	Cartagena	CARTAGENA	URBANA
E30016011	Cartagena4?	Cartagena	CARTAGENA	RURAL
E30016013	La Union	Cartagena	VALLE DE ESCOMBRERAS	SUBURBAN
E30016018	La Aljorra	Cartagena	COMUNIDAD DE MURCIA LITORAL	SUBURBAN
E30024002	Lorca	Lorca	COMUNIDAD DE MURCIA CENTRO	SUBURBAN
E30030006	Plz. Castilla	Murcia	CIUDAD DE MURCIA	URBANA
E30030007	S. Basilio	Murcia	CIUDAD DE MURCIA	SUBURBAN

Tabla 8.15.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

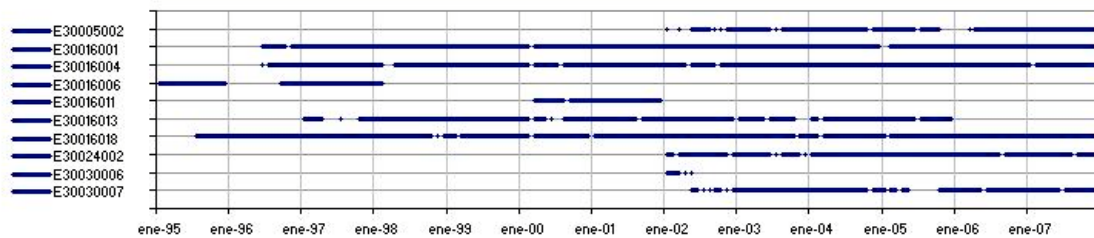


Figura 8.15.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a períodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

En cuanto a los registros de variables meteorológicas solo se cuenta con datos de las cabinas de *Alcantarilla*, *La Aljorra* y *Lorca*. De las dos primeras solo se dispone del año 2007, y de *Lorca* se tienen los datos del periodo 2002-2007, aunque al menos los datos de velocidad del viento entre 2002 y 2004 son de dudosa calidad.



La disponibilidad de registros meteorológicos es fundamental para la interpretación de la evolución de los registros de contaminantes, en especial para los de ozono. Por ello los datos meteorológicos de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.15.4: Red de torres de AEMET disponibles en la Región de Murcia

8.15.3. Dinámica del ozono en la Región de Murcia.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en la región de Murcia. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Y los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de la dinámica del ozono, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

La región de Murcia se localiza en el vértice suroriental de la península, y su territorio se configura en dos unidades de **relieve**: una zona litoral básicamente llana (aunque con presencia de pequeñas sierras como Almenara, Carrascoy, y Algarrobo), y una interior montañosa, que corresponde a la parte oriental de las Sierras Béticas. Estas sierras se orientan en sentido suroeste-noreste, tienen su prolongación hacia el norte de Alicante, y están surcadas en su parte central por la cuenca del río Segura, que constituye una vía de comunicación con la meseta meridional por el sur de Albacete.

La distribución altimétrica en una plana litoral y un interior montañoso es una característica común de todo el litoral mediterráneo, y determina las circulaciones de **viento** en Primavera y Verano. La disposición de ambos territorios se configura en cada punto del litoral de diferente manera, pero que en todos los casos tiene el efecto de favorecer la combinación y el refuerzo mutuo de las circulaciones de brisa con las circulaciones de origen orográfico. Entre las peculiaridades que en este sentido afectan a la región de Murcia está el hecho de que la línea de costa a ambos lados del cabo de Palos presenta dos orientaciones perpendiculares entre sí. Esta circunstancia condiciona el régimen de brisas, que en diferentes puntos pueden ser alternativamente de componente E y de componente S.

En cuanto a los focos de **emisión** principales estos consisten fundamentalmente en las emisiones de tráfico de las ciudades de Murcia y Cartagena, además del tráfico interurbano por las AP7, A7 y A30.

La rosas de viento de la figura 8.15.5 correspondientes a las torres de AEMET de Yecla, Cieza, Murcia y San Javier, ilustran lo anteriormente señalado respecto del predominio del régimen de brisas. A la izquierda se pueden observar las direcciones de viento durante el día (de 7 a 19 UTC), y a la derecha durante la noche. En todos los casos se observa la alternancia propia del régimen de brisas, y direcciones condicionadas por los forzamientos orográficos en cada punto.

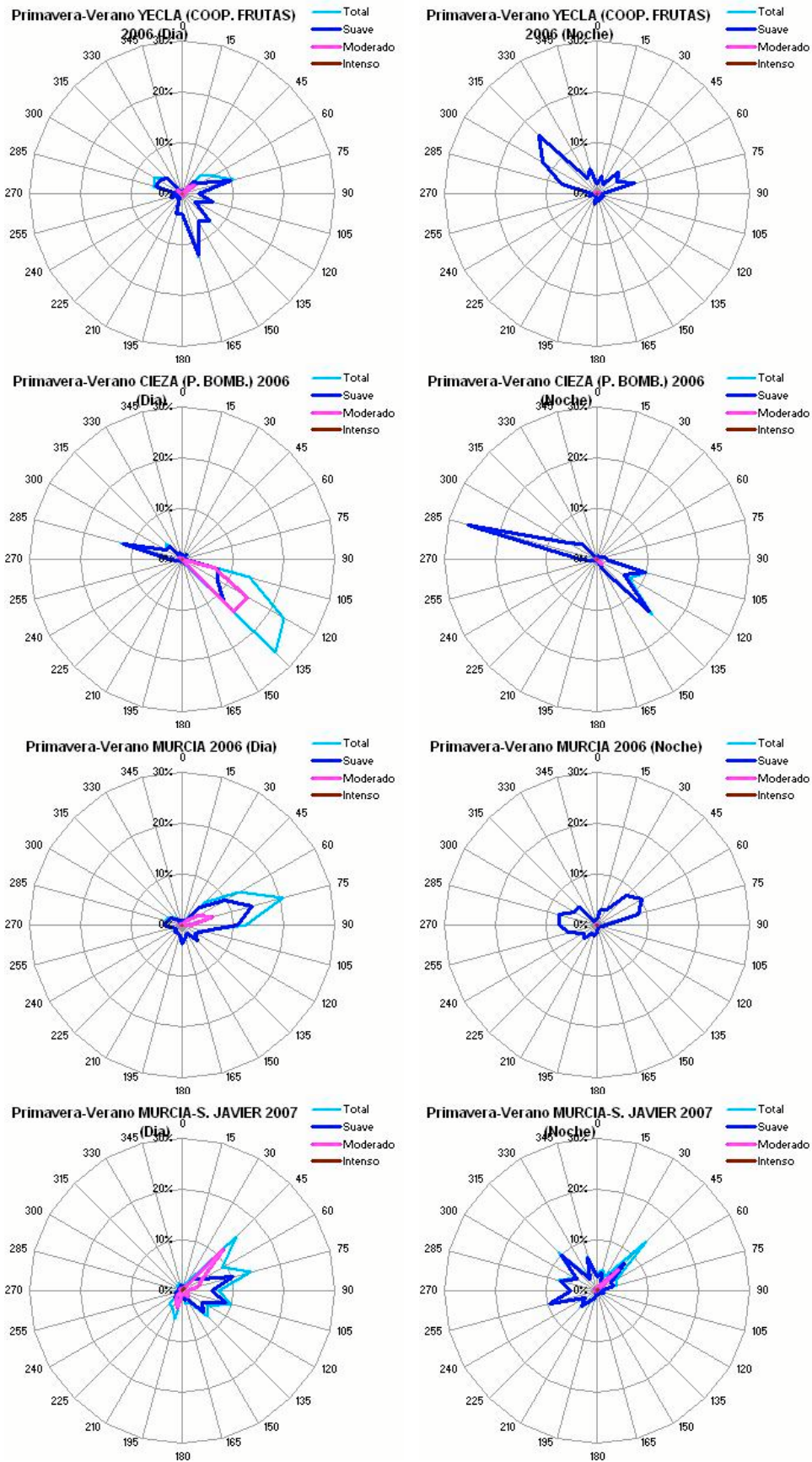


Figura 8.15.5: Rosas de viento de día (de 7 a 19 UTC) en el periodo de Abril a Septiembre de 2005 en cuatro puntos de la plana costera y del interior de Murcia. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

La rosa de vientos de Cieza muestra el efecto de la canalización del valle del Segura, con vientos de componente SE, que se aceleran debido al estrechamiento del valle en este punto. Esta circunstancia revela el transporte de las emisiones costeras y urbanas de la ciudad de Murcia hacia los territorios interiores, zona *Norte*, y alcanzando incluso el sur de la meseta meridional (hacia Albacete). El gráfico de la izquierda de la *figura 8.15.6.*, con las pseudotrayectorias calculadas a partir de los registros de viento de la torre de Cieza (ver método de cálculo en la figura 7.3) es una aproximación de la trayectoria de la masa aérea. Sin embargo, los propios registros de viento en Murcia (torres de los centros de AEMET de Guadalupe y Alcantarilla) indican que este transporte tiene lugar hacia el Oeste (gráfico de la derecha de la misma figura). La Sierra de Carrascoy actúa como pantalla sobre los vientos del SE, y altera las circulaciones localmente. Este fenómeno de carácter local no permite descartar a priori el transporte antes señalado desde la costa hacia el interior.

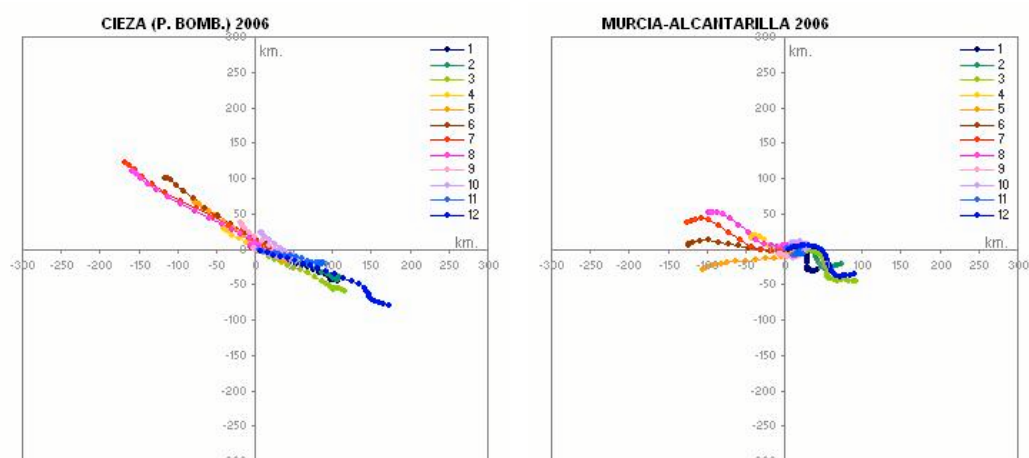


Figura 8.15.6: Seudo-trayectorias mensuales promedio (ver definición en figura 7.2) de las torres de Cieza y Alcantarilla calculadas a partir de los datos de 2006.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.15.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de la Región de Murcia.

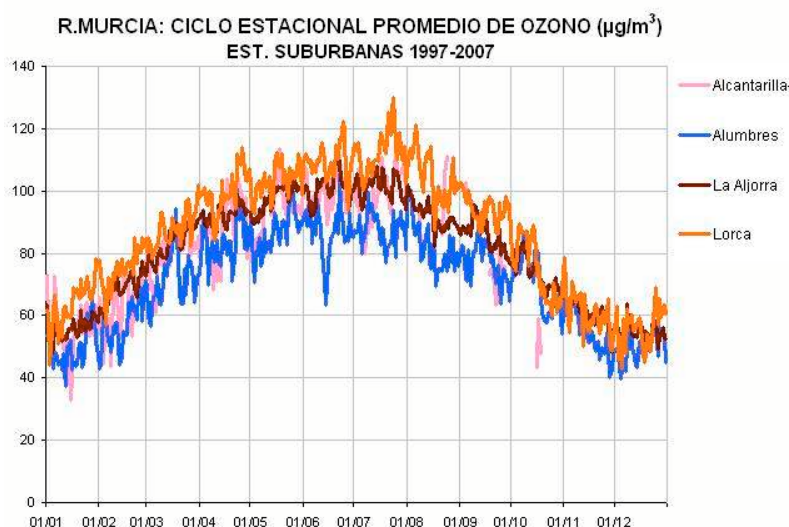


Figura 8.15.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red de la Región de Murcia, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en los tres meses de Junio a Agosto, con la superación ocasional en Lorca del valor objetivo de protección a la salud. (Para el cálculo de cada promedio se han exigido al menos tres valores, es decir, solo se representan estaciones con al menos tres años de datos).

El perfil de la serie anual representado en el gráfico anterior sigue la misma pauta que en el resto de las redes del mediterráneo y centro de la península. Se trata de un perfil relativamente simétrico con los mayores niveles en los meses centrales del año, coincidiendo con la época de mayor incidencia de la radiación solar y predominio de las circulaciones de mesoescala. Estos niveles se sitúan sin embargo por debajo de los registrados en las comunidades costera vecinas (Comunidad Valenciana y Andalucía). Probablemente el motivo es la falta de puntos de medida en la zona del interior, y en general en áreas rurales alejadas de la influencia del tráfico y la industria en el entorno próximo.

La figura 8.15.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en la Región de Murcia, y a la derecha la misma información en el conjunto de estaciones representativas para todo España. Aunque la evolución está muy condicionada por la importante cantidad de datos anulados en las series históricas de esta red, los promedios de los últimos años se sitúan en niveles semejantes a los del conjunto de España. La disponibilidad de una única estación de tipo urbano (S.Ginés) no permite valorar como significativa la aparente tendencia a la reducción de las concentraciones que muestra esta serie.

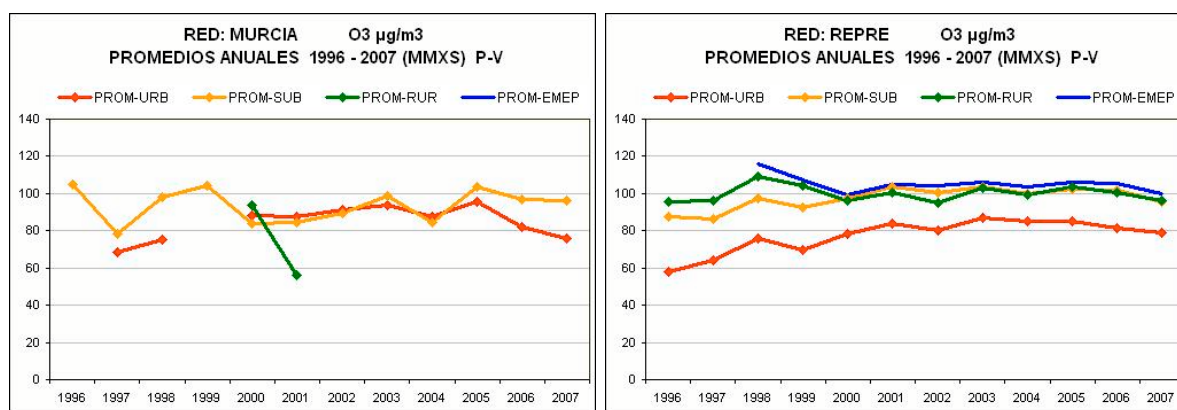


Figura 8.15.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la red la Región de Murcia. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

8.15.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio, la distribución de las estaciones automáticas de la red de calidad del aire de la Región de Murcia se orienta principalmente a la vigilancia en entornos urbanos e industriales. Por otra parte la zona interior, donde se pueden presumir niveles de ozono por encima de los registrados por la red actual, no dispone de ninguna estación de medida. La legislación establece la necesidad de al menos un punto de medida en esta zona si se supera alguno de los Valor Objetivo a largo Plazo.

Las propuestas de optimización se orientan por tanto a cubrir estas carencias de la red. Para ello se proponen tres puntos de medida complementarios: uno en el al sur de Caravaca de la Cruz (área de Almudena-Pinilla, otro al NO de Cieza en el eje de paso a la meseta meridional, y un tercero en algún punto intermedio entre Yecla y Jumilla. Los datos registrados en estos emplazamientos permitirán confirmar los niveles de ozono en los

territorios del interior, el posible transporte de la masa aérea hacia el sur de Albacete, y el posible gradiente a lo largo de esta franja interior.



Figura 8.15.11: Puntos propuestos para medidas complementaria en la red de calidad del aire de la Región de Murcia.

Estos puntos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidad móvil equipada al menos con monitores de ozono, y torre meteorológica. A partir de los resultados obtenidos en la campaña se podría seleccionar el más adecuado para ejercer la vigilancia de los niveles de ozono en la zona interior. Se requieren al menos dos meses de medidas preferentemente de forma simultánea en ambos puntos. Es importante la localización en un punto apartado de la influencia de emisiones en el entorno inmediato (márgenes de carreteras y calles con tráfico).

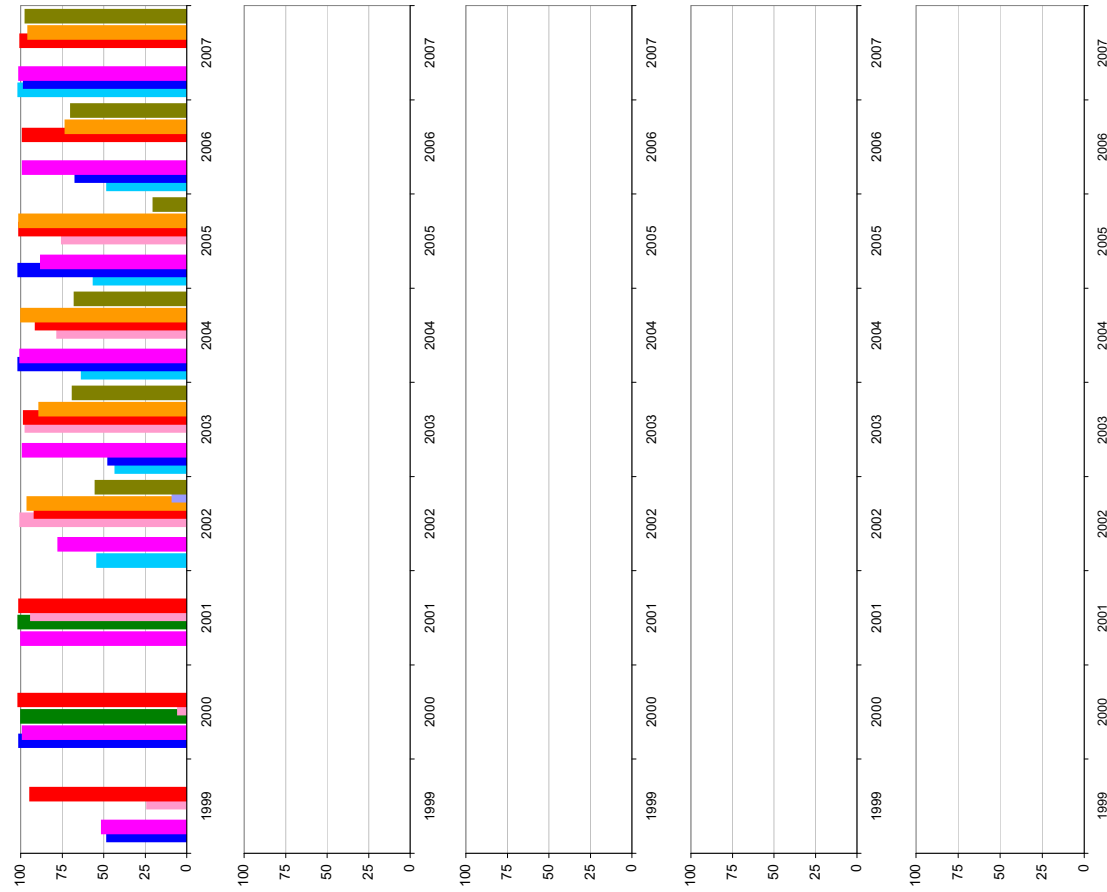
En relación con la **zonificación** respecto de los niveles de ozono solo se esperan gradientes significativos entre la vertiente litoral y la interior. Se propone delimitar únicamente dos zonas extensas y mantener además las dos actuales aglomeraciones. Esta propuesta habrá de valorarse igualmente en base a las concentraciones que se registren en los puntos propuestos.

8.15.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

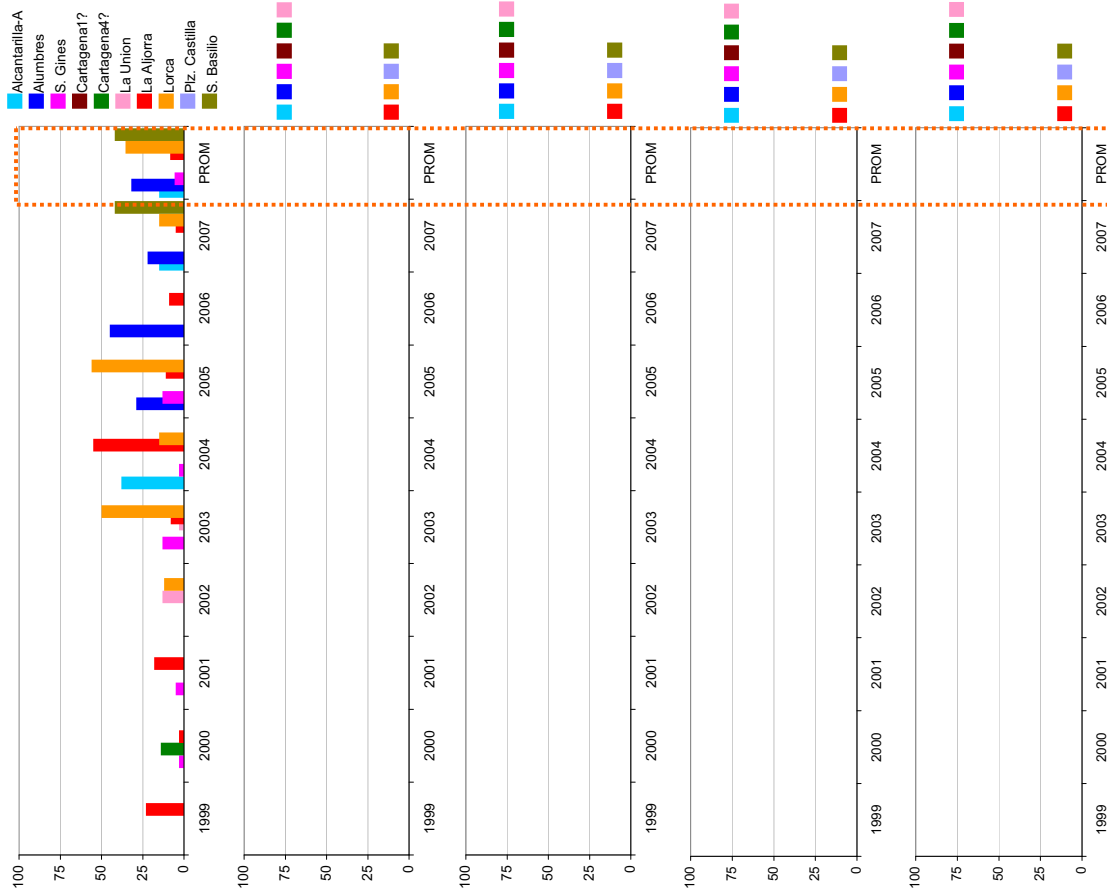
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de la Región de Murcia las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a al vegetación.

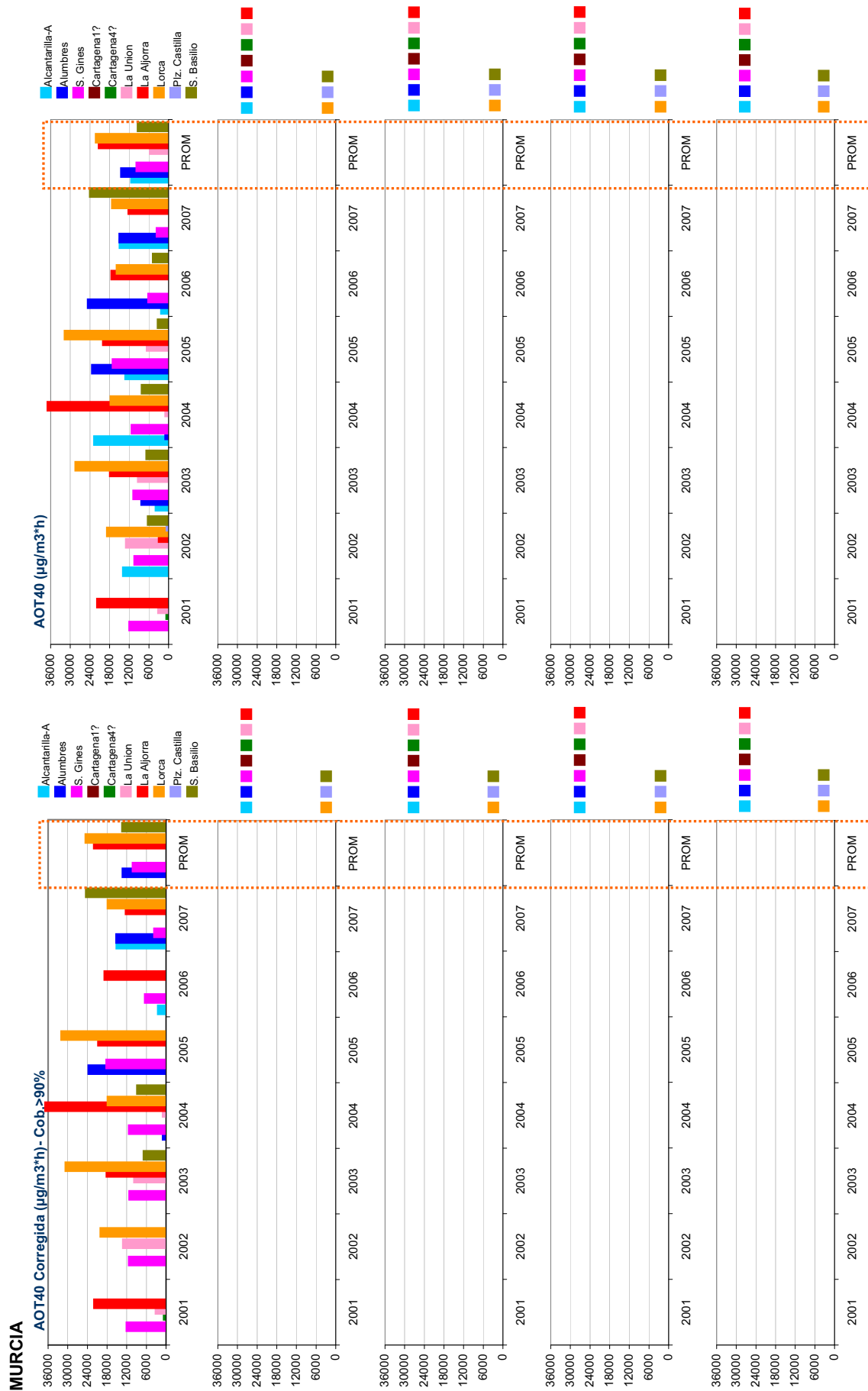
MURCIA

COBERTURA(%)/ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.16. Optimización de la red de calidad del aire de Navarra.

8.16.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire de Navarra se compone en 2007 de 8 estaciones automáticas, con 7 de ellas provistas de monitor para la medida de ozono. De ellas, las 3 de tipo rural se concentran al sur de la comunidad, una de tipo suburbano se localiza en Altsasu, próxima a la frontera con el País Vasco, y las otras tres de tipo urbano en la ciudad de Pamplona.

El mapa de zonas distingue cuatro zonas de calidad del aire, una de tipo aglomeración, *Comarca de Pamplona*, y tres zonas mas extensas consistentes en tres franjas consecutivas desde el Ebro hasta el Pirineo navarro: *Rivera*, *Zona Media* y *Montaña*. Esta zonificación está bien adaptada a la orografía y separa la ribera del Ebro, con características propias en cuanto a la dinámica de contaminantes, de las zonas montañosas del Pirineo y Prepirineo.



La distribución de estaciones permite estudiar la dinámica del ozono en la ribera del Ebro, donde las concentraciones son más elevadas que en el resto del territorio. No ocurre lo mismo en las zonas *Media* y *Montaña*, la segunda sin estaciones operativas, y la primera solo con una estación de tráfico de representatividad limitada respecto al ozono.

Figura 8.16.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en Navarra en 2007.

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1501	MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	3208	40,940	NO	--	--	--
ES1502	ZONA MEDIA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	2577	52,954	NO	--	1	--
ES1503	RIBERA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	4496	178,648	NO	3	--	--
ES1504	COMARCA DE PAMPLONA	116	270,515	SÍ	--	--	3

Tabla 8.16.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

Esta red no ha experimentado modificaciones significativas en su configuración respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007, realizada sobre la base de los datos disponibles entonces hasta el año 2005. Si se han realizado campañas experimentales entre Junio y Septiembre de 2008 en Larrainzar y Puente la Reina, correspondientes a los puntos que se propusieron en el informe citado. Los datos resultantes de estas campañas fueron facilitados al CEAM por el Servicio de Calidad Ambiental del Gobierno de

Navarra, y han sido analizados por los autores de este estudio. Los resultados se exponen mas adelante en el apartado 8.16.4.

El gráfico de la izquierda en la figura de abajo ilustra la evolución del número de estaciones de la red en el periodo 1995-2007. La mayor parte de las estaciones de medida comenzaron a operar en los años 2004 y 2005. El gráfico de la derecha muestra la distribución de los tres tipos de estaciones (Urbana, Suburbana, Rural) por tipo de zona.

Los requisitos establecidos en el Anexo VI del RD 1796/2003 en cuanto al número mínimo y tipo de estaciones en las zonas que superan algún Valor Objetivo a Largo Plazo (se exige al menos una estación suburbana en cualquier tipo de zona, y un 50% de ellas en aglomeraciones), no se cumplen en las zonas *Rivera* y *Comarca de Pamplona*. Para ello al menos 1 de las tres estaciones que existen en cada una de ellas debería ser de tipo suburbano.

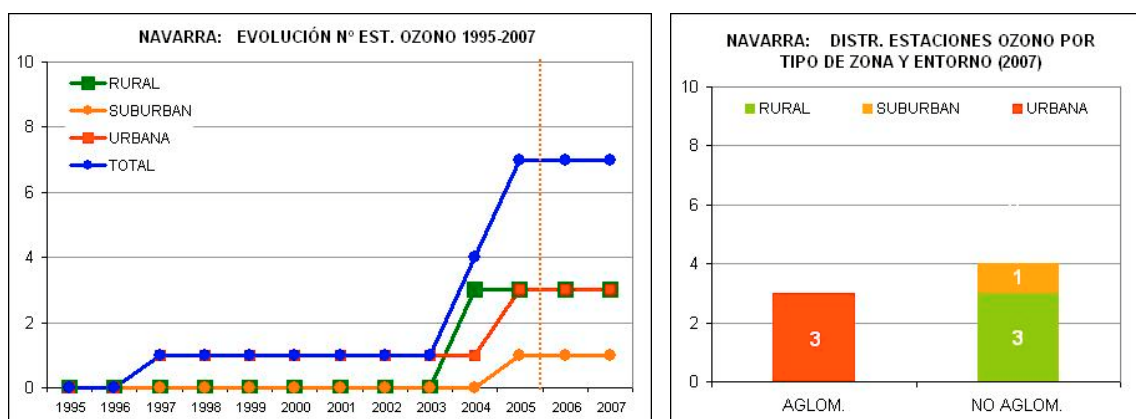


Figura 8.16.2: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

8.16.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.16.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.16.3 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis.

En concreto en esta red se han invalidado el 1.32% de los datos del periodo 1996-2007. Y en los dos últimos años procesados, 2006 y 2007, se han anulado respectivamente el 0.65% y el 2.64% de los datos. De estos últimos la mayor parte corresponde a los datos de *Pl. de la Cruz* entre el 10/03/2007 y el 6/05/2007, periodo en el cual se registraron niveles anormalmente bajos no adjudicables a causas naturales (concentraciones del orden de la mitad que las registradas en *Rotxapea* y en *Iturrama*).

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	ENTORNO
E31010001	Altsasu	Alsasua	ZONA MEDIA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	Navarra	SUBURBAN
E31032001	CTCC-Arguedas	Arguedas	RIBERA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	Navarra	RURAL
E31107001	Funes	Funes	RIBERA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	Navarra	RURAL
E31201012	Iturrama	Pamplona	COMARCA DE PAMPLONA	Navarra	URBANA
E31201013	Plz.Cruz	Pamplona	COMARCA DE PAMPLONA	Navarra	URBANA
E31201014	Rotxapea	Pamplona	COMARCA DE PAMPLONA	Navarra	URBANA
E31232002	CTCC-Tudela	Tudela	RIBERA DE LA COMUNIDAD DE NAVARRA	Navarra	RURAL

Tabla 8.16.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007

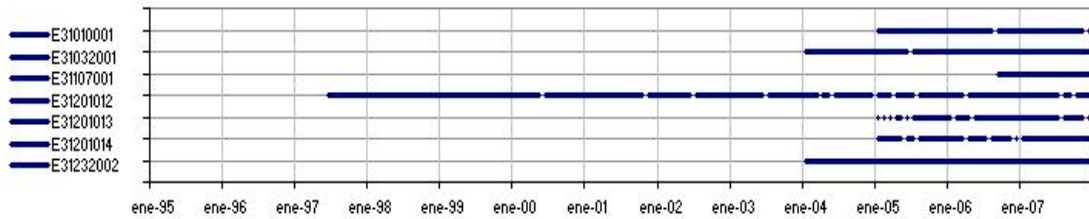


Figura 8.16.3: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

En cuanto a la disponibilidad de medidas de variables meteorológicas las tres estaciones de Pamplona, junto con *Altsasu* y *CTCC Arguedas*, están equipadas con torre meteorológica. Sin embargo no se dispone de series largas, los datos abarcan el periodo 2005-2007, excepto en *Iturrama* cuyos registros comienzan en el año 2000.



Los datos de variables meteorológicas proporcionados por las cabinas de la red de calidad del aire se han complementado con los de las torres de AEMET que aparecen en el mapa.

Figura 8.16.4: Red de torres de AEMET disponibles en Navarra.

8.16.3. Dinámica del ozono en Navarra.

Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en Navarra. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente

los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero las características principales de esta dinámica, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

Navarra se configura como un **territorio** mixto, con la llanura integrada en la parte alta de la depresión del Ebro ocupando la mitad meridional, y la franja montañosa del Pirineo occidental al norte. Los **focos de emisión** principales son los correspondientes al tráfico de la capital y las Central Térmica de Castejón. En todo el territorio predominan los **vientos** de componente NO, en la mitad sur con continuidad hacia Aragón y sobre todo el valle del Ebro (Cierzo). Sin embargo, los niveles más elevados de ozono, que se registran especialmente en las estaciones de *Arguedas* y *Tudela*, están asociados a la entrada de viento del SE, más frecuente en la zona de la *Ribera*, que en la zona *Media* y en el área del Pirineo, zona *Montaña*. Las rosas de viento calculadas con los datos de las torres de Noain en Pamplona y de Bardenas Reales así lo reflejan. Esta misma situación es registrada por las estaciones del norte de la Rioja, muy próximas a las de *Arguedas* y *Tudela*.

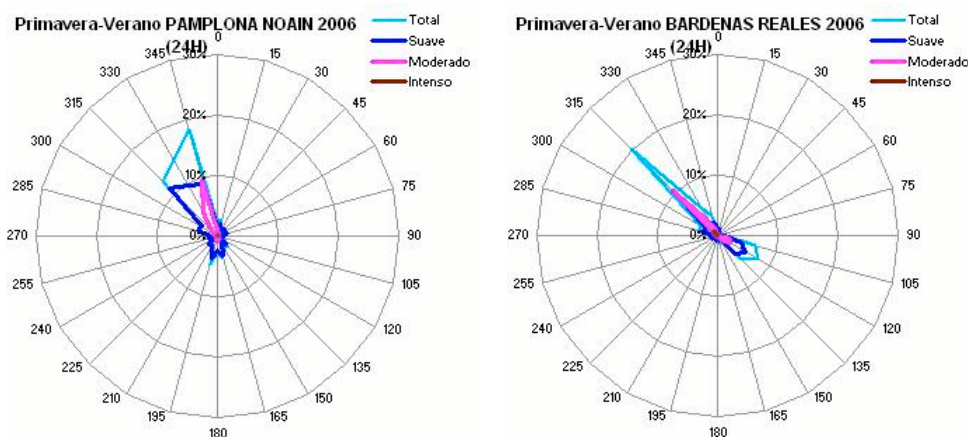


Figura 8.16.5: Rosas de viento de día (de 7 a 19 h UTC) en el periodo de Abril a Septiembre de 2007 en Noain y Bardenas. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

En la zona de la Ribera también son frecuentes las superaciones del valor $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio octohorario con circulaciones de componente NO. Pero los periodos episódicos con superación del umbral de Información a la población ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario), que se registran con muy poca frecuencia (una o dos veces la año), se producen siempre con la entrada de aire del SE. El gráfico de la figura siguiente muestra las seudotrayectorias promedio (ver procedimiento de cálculo en las figura 7.2) calculadas a partir de los datos registrados en Bardenas Reales para los días en que se supera el nivel de referencia $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Arguedas (5 días en Junio y 10 días en Julio de 2006). La figura permite estimar que el transporte de la masa aérea sobre el sur de Navarra en estos días fue sistemáticamente del SE con alcances del orden de 200 km.

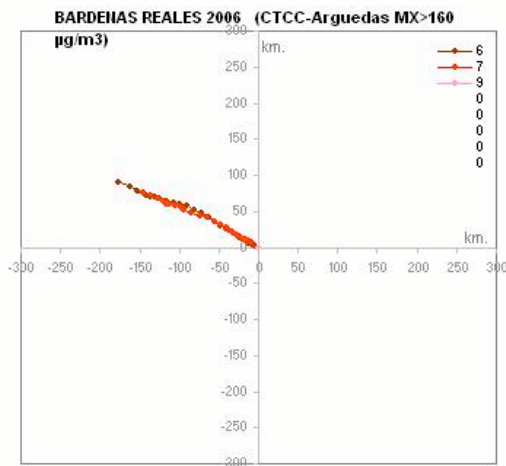


Figura 8.16.6: Seudo-trayectorias mensuales promedio en el sur de Navarra los días en que se supera el nivel de referencia 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio horario, en la estación de Arguedas en 2006 (5 superaciones en Junio y 10 en Julio)

Por último, a modo de ejemplo se muestra la evolución de los registros de la red de calidad del aire en dos episodios de ozono (superaciones de $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario). El primero corresponde al único episodio registrado en el año 2005 (figura 8.16.7), y el segundo corresponde a uno de los dos que se registraron en 2006 (figura 8.16.8).

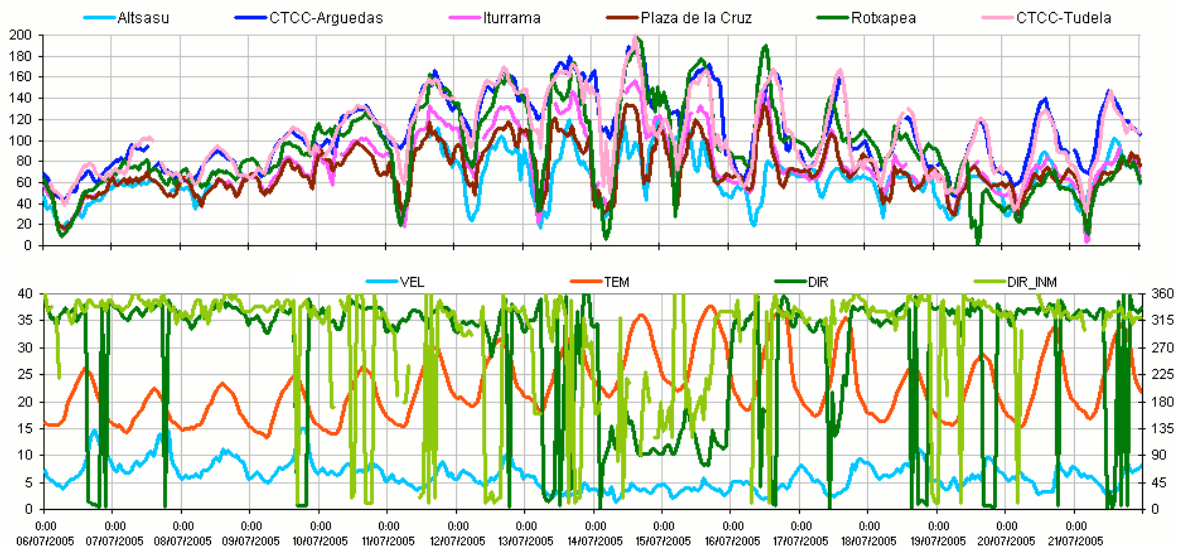


Figura 8.16.7: Episodio de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Julio de 2005, afectando al menos a la mitad sur de Navarra. Los datos meteorológicos corresponden a la torre de Arguedas, y en verde claro la dirección del viento en Noain.

En el primer caso durante los días previos al episodio del día 14 de Julio, predomina el viento del NO, que reduce su velocidad a partir del día 10, y comienza un periodo de tres días con incremento gradual de la temperatura y de los niveles de ozono. Estas concentraciones provienen probablemente del País Vasco y llegan a alcanzar valores en torno a los $160\mu\text{g}/\text{m}^3$. El día 13 la velocidad de viento se reduce aún más seguramente debido a la competencia con la circulación de sentido contrario que comienza a penetrar desde la parte baja del valle del Ebro. Finalmente el día 14 se establece el SE alcanzando al menos hasta Pamplona. Como resultado de esta entrada de aire los niveles rebasan el Umbral de Información a la Población, y se mantienen elevados los días 15, 16 y 17. Finalmente el 18 se impone el viento del N con velocidades alcanzando los 10 m/s que reduce drásticamente las concentraciones.

En el segundo ejemplo, de Julio de 2006, se representan únicamente los registros de la estación de Arguedas y muestran el mismo tipo de comportamiento. El viento es sostenido del NO entre los días 5 y 7 manteniendo moderadas las concentraciones de ozono. A partir del día 8 los vientos son más suaves y el día 10 se establece la componente SE. En este tránsito se incrementan los niveles de ozono hasta alcanzarse el día 10 concentraciones que superan el Umbral de Información. En este mismo año se superó también el Umbral de Información el día 8 de Junio y también en esa ocasión la misma evolución del viento sigue el mismo patrón.

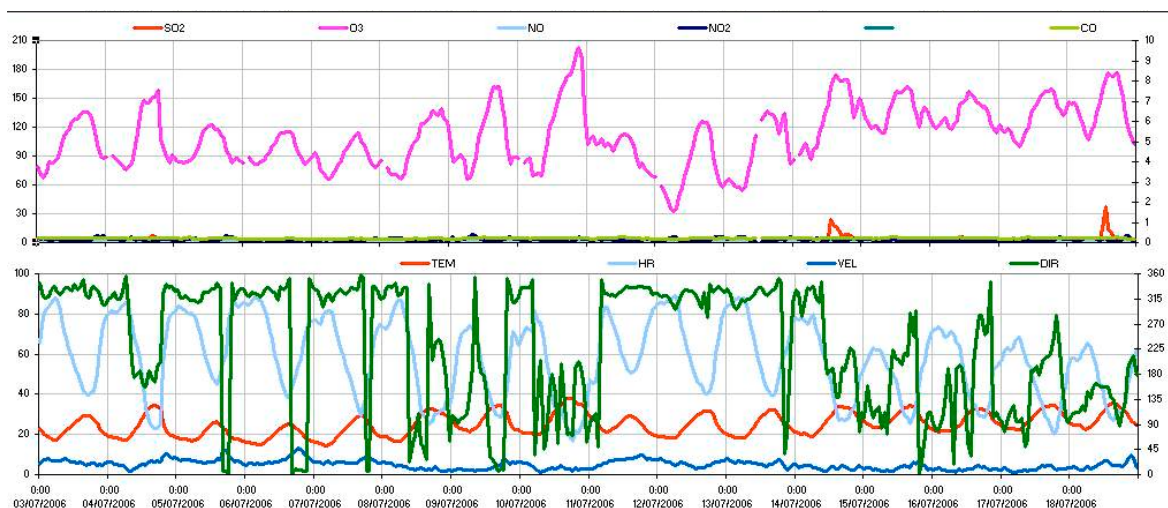


Figura 8.16.8: registros de la estación de Arguedas mostrando un episodio de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Julio de 2006.

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.16.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por la red de Navarra. Solo se representan las series correspondientes a las estaciones de tipo rural, ya que la representatividad espacial del resto de estaciones está limitada por la influencia de las emisiones de tráfico en su entorno.

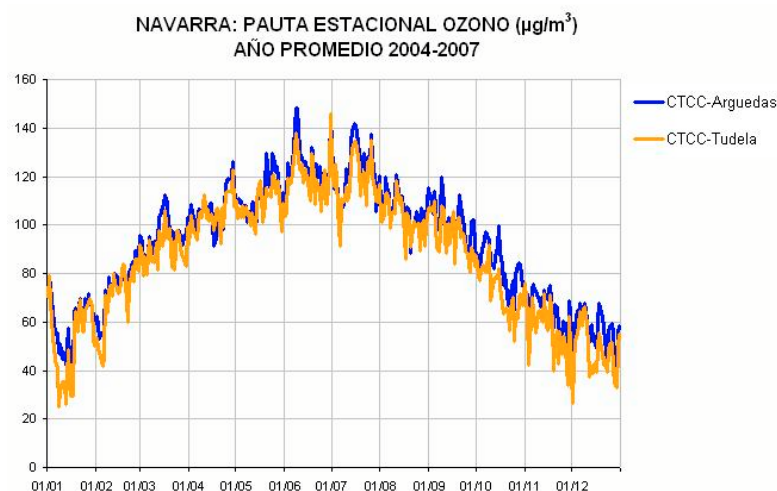


Figura 8.16.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red de Navarra, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios (Funes no aparece debido a que se ha exigido al menos tres años de datos para calcular un perfil representativo). La pauta estacional muestra las mayores concentraciones en Junio y Julio, con la superación frecuente del valor objetivo de protección a la salud.

El perfil muestra la típica onda estacional, aproximadamente simétrica, con las mayores concentraciones, a menudo superando el VOLP, en los meses centrales del año. Esta pauta

es semejante a la registrada por el resto de las redes del centro de la península y de la vertiente mediterránea. En la cornisa cantábrica el perfil es diferente, el máximo se localiza en primavera y en verano se observa un mínimo relativo en a concentraciones (ver apartado 5.2.3). Es posible que el norte de Navarra dentro de la influencia cantábrica registre este tipo de pauta, pero no se cuenta con estaciones de medida que así lo confirmen.

La figura 8.16.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en Navarra, y a la derecha la misma evolución en el conjunto de estaciones representativas para todo España.

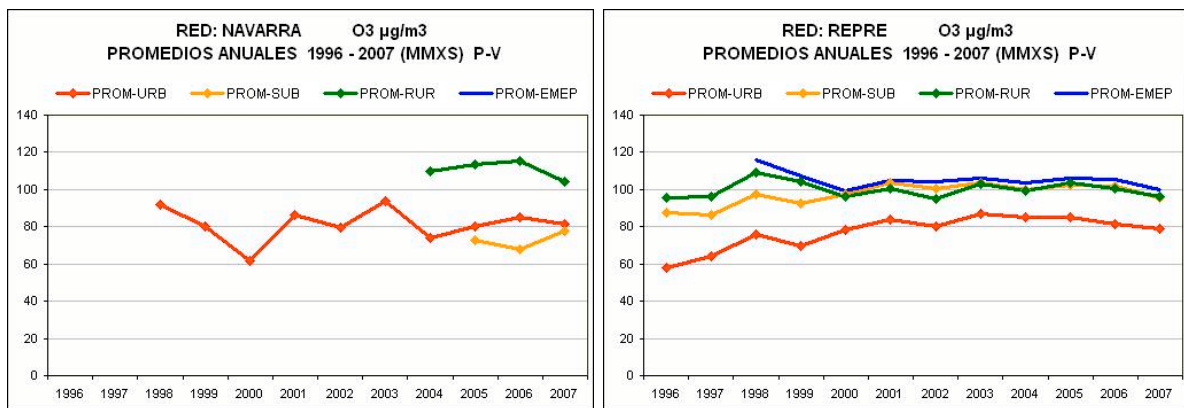


Figura 8.16.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en la Navarra. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

En el gráfico de la izquierda los valores de la serie roja (estaciones urbanas) entre 1998 y 2004 corresponden en realidad a los de una única estación, *Iturrama*. A partir de 2005, cuando comienzan a operar *Rotxapea* y *Pl. de la Cruz*, esta serie se sitúa en niveles semejantes a los del conjunto de estaciones representativas. Por su parte la serie correspondiente las estaciones rurales se sitúa en niveles algo por encima de los correspondientes a las representativas. La razón es que todas las estaciones rurales de Navarra están ubicadas en el valle del Ebro, área en la cual se registran niveles elevados de forma generalizada. Finalmente la serie de estaciones suburbanas, que en Navarra se limita a la estación de *Altsasu* está sensiblemente por debajo del grupo equivalente del conjunto de estaciones representativas. La posición de la estación de *Altsasu*, en un punto donde convergen dos autovías, modera los niveles de ozono y cuestiona la representatividad de esta estación para toda la zona *Media*.

En cuanto a posibles tendencias los datos disponibles no permiten conclusiones definitivas en este sentido (la base de datos abarca un periodo relativamente corto debido a todas las estaciones excepto *Iturrama* empezaron a operar en los últimos años), pero en cualquier caso no revelan que estas existan.

8.16.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha señalado al principio la configuración de la red no ha cambiado entre 2005 y 2007. Pero si se han realizado campañas experimentales en puntos complementarios a la red entre Junio y Septiembre de 2008, que amplían la información que produce la red y posibilitan por tanto un mejor análisis de la situación. Las medidas se llevaron a cabo en Larrainzar y Puente la Reina, puntos que corresponden a los que se propusieron en el informe de Julio de 2007. El objetivo del emplazamiento Larrainzar era el de rellenar el hueco en la vigilancia de la zona *Montaña*, y por su parte Puente la Reina se propuso para mejorar la representatividad de las medidas en la zona *Media*, donde la estación de *Altsasu*, próxima a una autovía, se encuentra muy influenciada por las emisiones de tráfico. Los datos resultantes de estas campañas han sido analizados por los autores de este estudio, y confirman el diagnóstico emitido en el citado informe, realizado en base a los datos disponibles entonces hasta 2005.

Los cálculos del número de superaciones del Valor Objetivo y de la AOT40 en los emplazamientos de la red, y en Larrainzar y Puente la Reina en 2008, se resumen en la tabla de abajo:

ZONA	CABINA	Nº Superaciones Valor Objetivo	Valor AOT40 (sin corregir)	Valor AOT40 (corregida)
Ribera	FUNES	23	15575	15804
	ARGUEDAS	26	14838	15056
	TUDELA	27	19786	20022
Zona media	ALTSASU	1	3900.8	3918.6
	PTE. LA REINA	11	10732	11925 (*)
Comarca Pamplona	ROTXAPEA	1	3636.1	3874.8
	PL. DE LA CRUZ	2	3319.7	3596.7
	ITURRAMA	-	-	
Montaña	LARRAINZAR	9	5839.5	6488.3 (*)

Tabla 8.16.3: Resultados obtenidos a partir de los datos de la red de calidad del aire de Navarra en 2008 y de las campañas de medida con unidad Móvil en Puente la Reina y Larrainzar entre Junio y Septiembre del mismo año.

(*) Cálculo realizado suponiendo una cobertura del 90% de los datos en estos emplazamientos (en realidad la captura es del 78% en Pte. la Reina y del 58% en Larrainzar, por tanto estos valores corresponden en realidad al valor mínimo que tendrá la AOT corregida)

Los resultados de Puente la Reina muestran un número sensiblemente mayor que *Altsasu* en cuanto a superaciones del VOLP (11 frente a 1), y lo mismo ocurre con el valor de la AOT40 (11925 frente a 3918 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Estos resultados confirman que la estación de *Altsasu*, influenciada por las emisiones del tráfico cercano, no es representativa de los niveles de la zona *Media*, y que Puente la Reina es un emplazamiento más adecuado que *Altsasu* para la vigilancia del ozono en esta zona. De hecho, la evaluación de la calidad del aire respecto al ozono con los datos de *Altsasu* actualizados a 2007, sitúa esta zona por debajo del VOLP de protección de la salud humana (ninguna superación del valor $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo promedio octohorario).

En cuanto a los resultados en Larrainzar, estos confirman que efectivamente esta zona requiere al menos de un punto de medida en continuo de ozono (según los criterios que marca el anexo IX de la directiva 2008/50/CE, correspondiente al Anexo VI del R.D 1796/2003), puesto que se supera el VOLP.

En resumen, los datos registrados por las unidades móviles en Larrainzar y Puente la Reina entre Abril y Septiembre de 2008, permiten valorar a ambos como emplazamientos adecuados para la instalación de cabinas permanentes. Esta ampliación resolvería las carencias de la red actual y mejoraría sin duda la vigilancia de los niveles de ozono en Navarra.



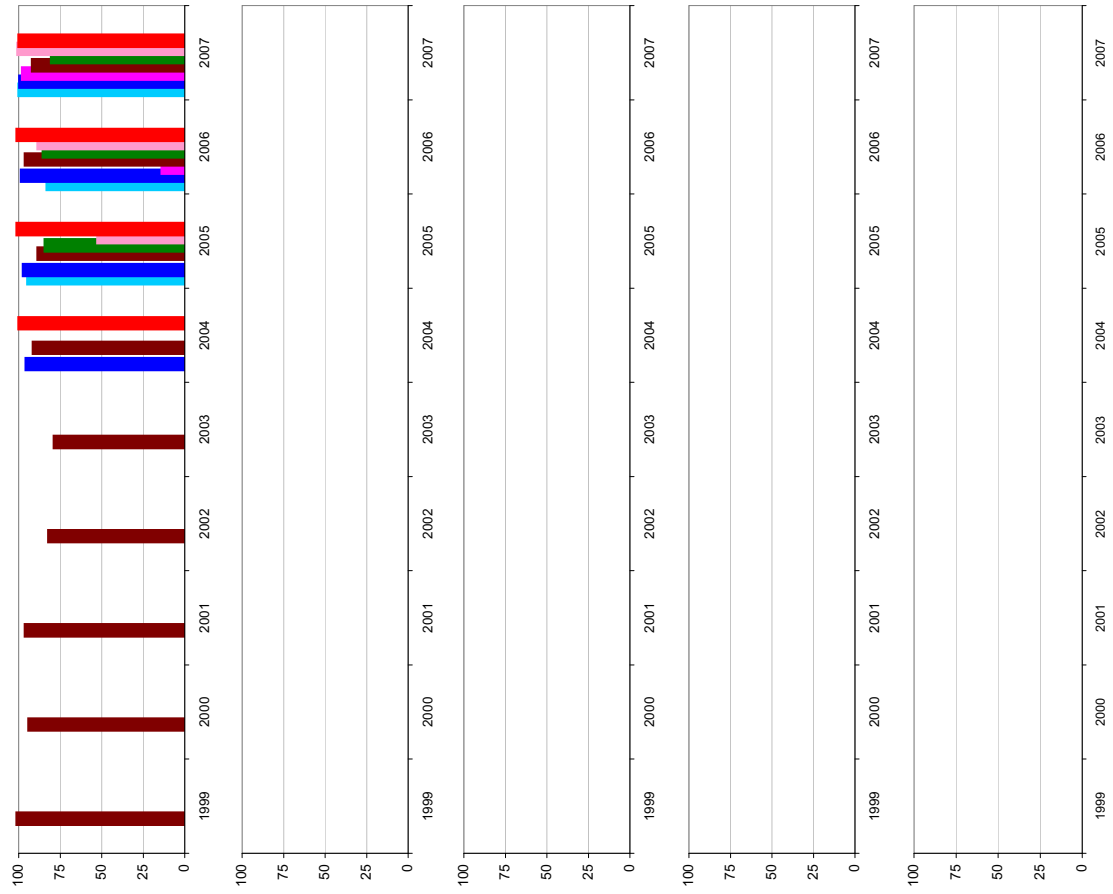
Figura 8.16.11: Propuestas de puntos de medida complementarios en la red de calidad del aire de Navarra.

8.16.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

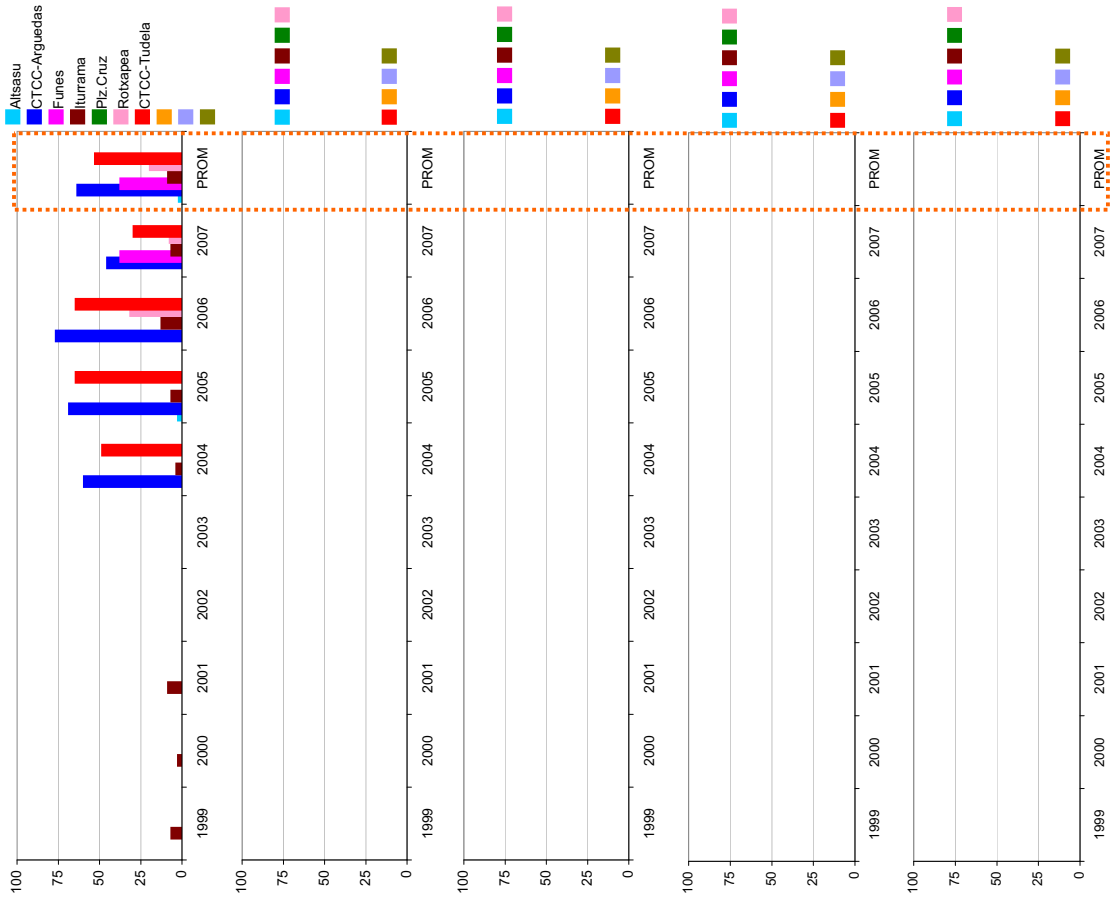
Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red de Navarra las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.

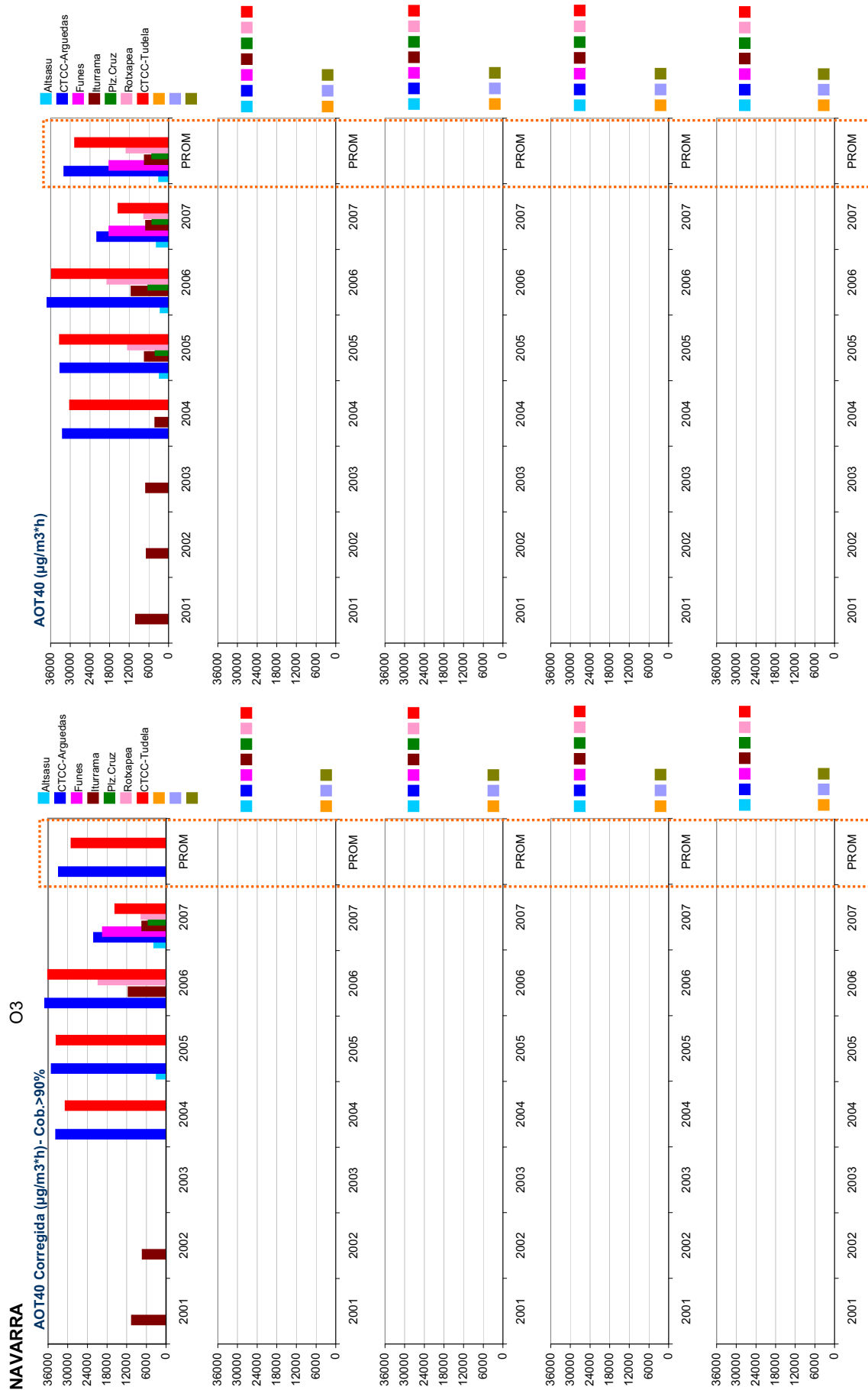
NAVARRA

COBERTURA(%)ABRIL-SEPTIEMBRE



Nº SUP VO_PS 120 µg/m3 MMX (25 o.prom3a)





8.17. Optimización de la red de calidad del aire del País Vasco.

8.17.1. Descripción de la red de calidad del aire en 2007.

La red de calidad del aire del País Vasco cuenta en 2007 con 37 cabinas, 32 de ellas instrumentadas con monitor para la medida de ozono. La cobertura espacial es extensa, abarcando todo el territorio, aunque con una tendencia a la ubicación en emplazamientos influenciados emisiones de tráfico e industria (ver figura 8.17.2) . Las 32 cabinas de ozono se distribuyen en 18 urbanas, 10 suburbanas y 4 rurales, en los puntos que muestra el mapa de abajo. No ha habido modificaciones significativas en la configuración de la red respecto a la situación diagnosticada en el informe de Julio de 2007, realizada sobre la base de los datos disponibles entonces hasta el año 2005.



Figura 8.17.1: Distribución de estaciones con monitor de ozono y zonificación en el País Vasco en 2007

ID ZONA	ZONA	SUPERFICIE	POBLACIÓN	AGLO.	RURAL	SUBUR.	URB.
ES1601	ENCARTACIONES			NO	--	--	1
ES1601	ALTO NERVION			NO	--	2	1
ES1602	BAJO NERVION	378	880,095	SÍ	--	4	4
ES1603	KOSTALDEA	992.20	178,703	NO	2	--	1
ES1604	DONOSTIALDEA	348.40	373,767	SÍ	--	--	4
ES1605	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	942.90	195,710	NO	--	1	2
ES1606	ALTO UROLA			NO	--	--	1
ES1606	ALTO ORIA			NO	--	1	1
ES1607	LLANADA ALAVESA	1,305.60	237,958	NO	--	1	3
ES1608	ALAVA MERIDIONAL			NO	2	--	--
ES1608	RIOJA ALAVESA			NO	--	1	--

Tabla 8.17.1: Listado de zonas y reparto de estaciones por zona en función del tipo de entorno en 2007.

Si se ha modificado en cambio el mapa de zonificación, pasando en 2007 de 8 a 11 zonas, dos de ellas de tipo aglomeración, *Donostialdea* y *Bajo Nervión*. Ambas abarcan, además de las respectivas áreas metropolitanas de Bilbao y San Sebastián, buena parte del territorio

rural que las rodea. Pero ninguna dispone de emplazamientos de medida rurales o suburbanos a sotavento de las emisiones urbanas, donde se estiman los mayores niveles de ozono, especialmente en Bilbao. Solo en las zonas *Alava Meridional* y *Kostaldea*, existen emplazamientos de tipo rural, *Izkiz* y *Valderejo* en la primera, y *Mundaka* y *Pagoeta* en la segunda. En estas cuatro cabinas es donde se registran los mayores niveles de ozono en el País Vasco, y son a la vez las de mayor área de representatividad en cuanto a la medida del ozono. Excepto en estas cuatro todas las demás estaciones registran niveles significativos de NOx a consecuencia de su proximidad al tráfico.

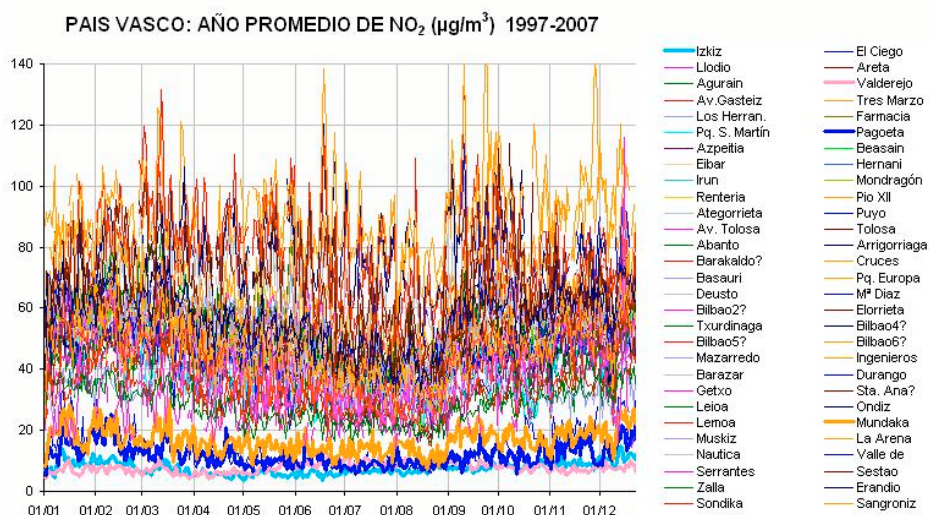


Figura 8.17.2: Ciclo anual promedio de NO₂ en todas las estaciones de la red de ozono del País Vasco. Excepto Izkiz, Valderejo, Pagoeta y Mundaka en todas se registran niveles significativos de este contaminante.

El gráfico de la izquierda en la figura de abajo ilustra la evolución en el número de cabinas en el periodo 1995-2007, y el de la derecha muestra la distribución de los distintos tipos de estación (urbana, suburbana y rural) por tipo de zona.

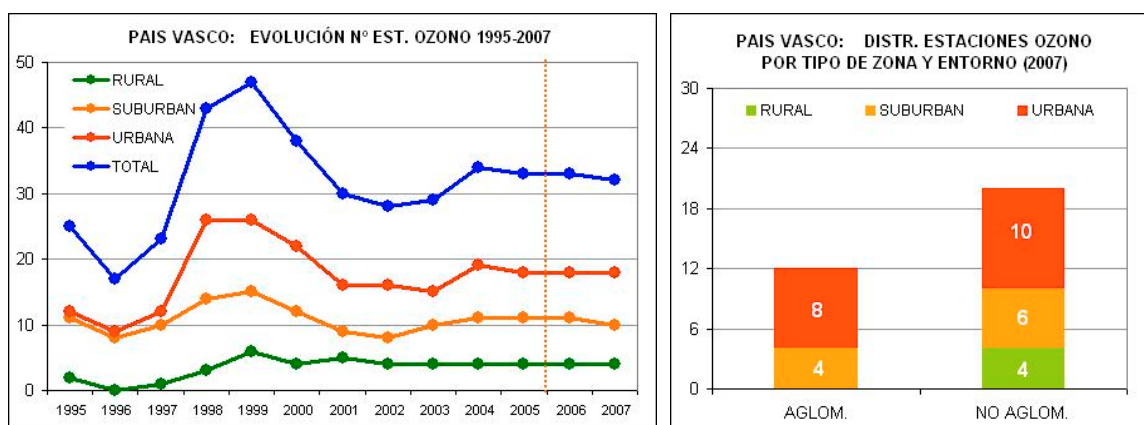


Figura 8.17.3: (Izq.) Evolución del número de estaciones dotadas con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. (Dcha.) Distribución de estaciones dotadas con monitor de ozono por tipo de entorno y tipo de zona.

La ratio de estaciones urbanas/suburbanas que marca la legislación se cumple a nivel general, y también en particular en la zona *Bajo Nervión*, pero no en la zona *Donostialdea* (se exige un 50% de estaciones suburbanas en las aglomeraciones).

De la misma forma que ya se indicó en el informe de Julio de 2007, la consulta de la web oficial del departamento de Medio Ambiente de Euskadi en 2009 revela la existencia de otras 27 estaciones automáticas en esta red aparte de las 37 de las que se han recibido los datos. De esta consulta y del gráfico de la izquierda de la figura anterior se desprende que una parte importante de las estaciones han venido dejándose de utilizar para la evaluación anual de calidad del aire desde el año 2000, puesto que los datos no son remitidos al ministerio. Algunas de las estaciones de este conjunto, que aparece en el mapa de la figura 8.17.4, se consideran por su posición interesantes desde el punto de vista del análisis de los niveles de ozono. Al menos los registros de las estaciones Alonsotegui y Larrabetzu en el bajo Nervión, ambas en localizaciones de tipo rural, Jaizquivel en Kostaldea, situada en un punto elevado y fuera de la influencia de las emisiones urbanas de San Sebastian, y Urkiola en un área rural y a sotavento de la pluma de Bilbao, se presumen de interés para dicho objetivo. En cualquier caso, no se dispone de los datos de ninguna de ellas, y por tanto han quedado fuera del análisis en este estudio.



Figura 8.17.4: Estaciones automáticas que figuran en la Web de la Consejería de Medio Ambiente del País Vasco pero cuyos datos no han estado disponibles para este estudio.

8.17.2. Descripción de la base de datos.

La tabla 8.17.2. muestra las estaciones de las que se han procesado y analizado los datos del periodo 1995-2007. Y la figura 8.17.5 representa con una línea azul asociada a cada estación, la cobertura de datos y los huecos presentes en la serie de ozono en cada caso (periodos sin datos). Además de estos huecos, ya presentes en las series de datos recibidos, en el proceso de depuración previo al análisis los datos se revisan y se anulan datos erróneos que no han pasado los filtros previos (solo se han revisado los de ozono y no del resto de variables). Como resultado de la revisión se ha elaborado una **listado de datos no válidos** de ozono, y se han implementado rutinas automatizadas para eliminarlos en las distintas fases del análisis. En concreto en esta red se ha invalidado el 0.19 % de los datos del periodo 1996-2007. Y de los dos últimos años procesados 2006 y 2007, se ha anulado el 0.21 % y el 0.02 % de los datos respectivamente. Estas cifras se encuentran entre las más bajas de todas las 17 redes analizadas en este estudio, y revelan el buen control de calidad de los datos generados por la red.

CODIGO	NOMBRE EST.	MUNICIPIO	ZONA	PROVINCIA	AREA
E01016001	Izkiz	Bernedo	ALAVA MERIDIONAL	Álava	RURAL
E01022001	El Ciego	Elciego	RIOJA ALAVESA	Álava	SUBURBAN
E01036004	Llodio	Llodio	ALTO NERVION	Álava	SUBURBAN
E01036005	Areta	Areta	ALTO NERVION	Álava	SUBURBAN
E01051001	Agurain	Salvatierra o Agu	LLANADA ALAVESA	Álava	SUBURBAN
E01055001	Valderejo	Valdegovia	ALAVA MERIDIONAL	Álava	RURAL
E01059008	Av. Gasteiz	Vitoria	LLANADA ALAVESA	Álava	URBANA
E01059009	Tres Marzo	Vitoria	LLANADA ALAVESA	Álava	URBANA
E01059010	Los Herran.	Vitoria	LLANADA ALAVESA	Álava	URBANA
E01059011	Farmacia	Vitoria	LLANADA ALAVESA	Álava	URBANA
E01059013	Pq. S. Martín	Vitoria	LLANADA ALAVESA	Álava	URBANA
E20016001	Pagoeta	Aia	KOSTALDEA	Guipúzcoa	RURAL
E20018001	Azpeitia	Azpeitia	ALTO UROLA	Guipúzcoa	URBANA
E20019001	Beasain	Beasain	ALTO ORIA	Guipúzcoa	SUBURBAN
E20030001	Eibar	Eibar	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	Guipúzcoa	RURAL
E20040001	Hernani	Hernani	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20045001	Irun	Irun	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	SUBURBAN
E20055001	Mondragón	Mondragon	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	Guipúzcoa	URBANA
E20067001	Renteria	Erreterria	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20069001	Pio XII	San Sebastian	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20069002	Ategorrieta	San Sebastian	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20069004	Puyo	San Sebastian	DONOSTIALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20069005	Av. Tolosa	San Sebastian	KOSTALDEA	Guipúzcoa	URBANA
E20071001	Tolosa	Tolosa	ALTO ORIA	Guipúzcoa	URBANA
E48002001	Abanto	Abanto y Ciervan	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48011002	Arrigorriaga	Arrigorriaga	ALTO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48013003	Barakaldo?	Barakaldo	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48013004	Cruces	Barakaldo	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48015002	Basauri	Basauri	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020003	Pq. Europa	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020027	Deusto	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020051	M ^a Diaz	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020053	Bilbao2?	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48020057	Elorrieta	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48020058	Txurdinaga	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020059	Bilbao4?	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48020060	Bilbao5?	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48020061	Bilbao6?	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020062	Mazarredo	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48020064	Ingenieros	Bilbao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48024001	Barazar	Zeanuri	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	Vizcaya	RURAL
E48027001	Durango	Durango	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	Vizcaya	URBANA
E48044003	Getxo	Getxo	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48044004	Sta. Ana?	Getxo	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48054001	Leioa	Leioa	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48054003	Ondiz	Leioa	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48055002	Lemoa	Lemoa	ALTO IBAIZABAL - ALTO DEBA	Vizcaya	SUBURBAN
E48068001	Mundaka	Mundaka	KOSTALDEA	Vizcaya	RURAL
E48071002	Muskiz	Muskiz	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48071003	La Arena	Muskiz	KOSTALDEA	Vizcaya	URBANA
E48080001	Valle de	Valle de Trapaga	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48082003	Serrantes	Santurtzi	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN
E48084005	Sestao	Sestao	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48096001	Zalla	Zalla	ENCARTACIONES	Vizcaya	URBANA
E48902006	Erandio	Erandio	BAJO NERVION	Vizcaya	URBANA
E48904001	Sondika	Sondika	BAJO NERVION	Vizcaya	RURAL
E48904002	Sangroniz	Sondika	BAJO NERVION	Vizcaya	SUBURBAN

Tabla 8.17.2: Estaciones con monitor de ozono en el periodo 1995-2007. En gris estaciones dadas de baja antes de 2007.

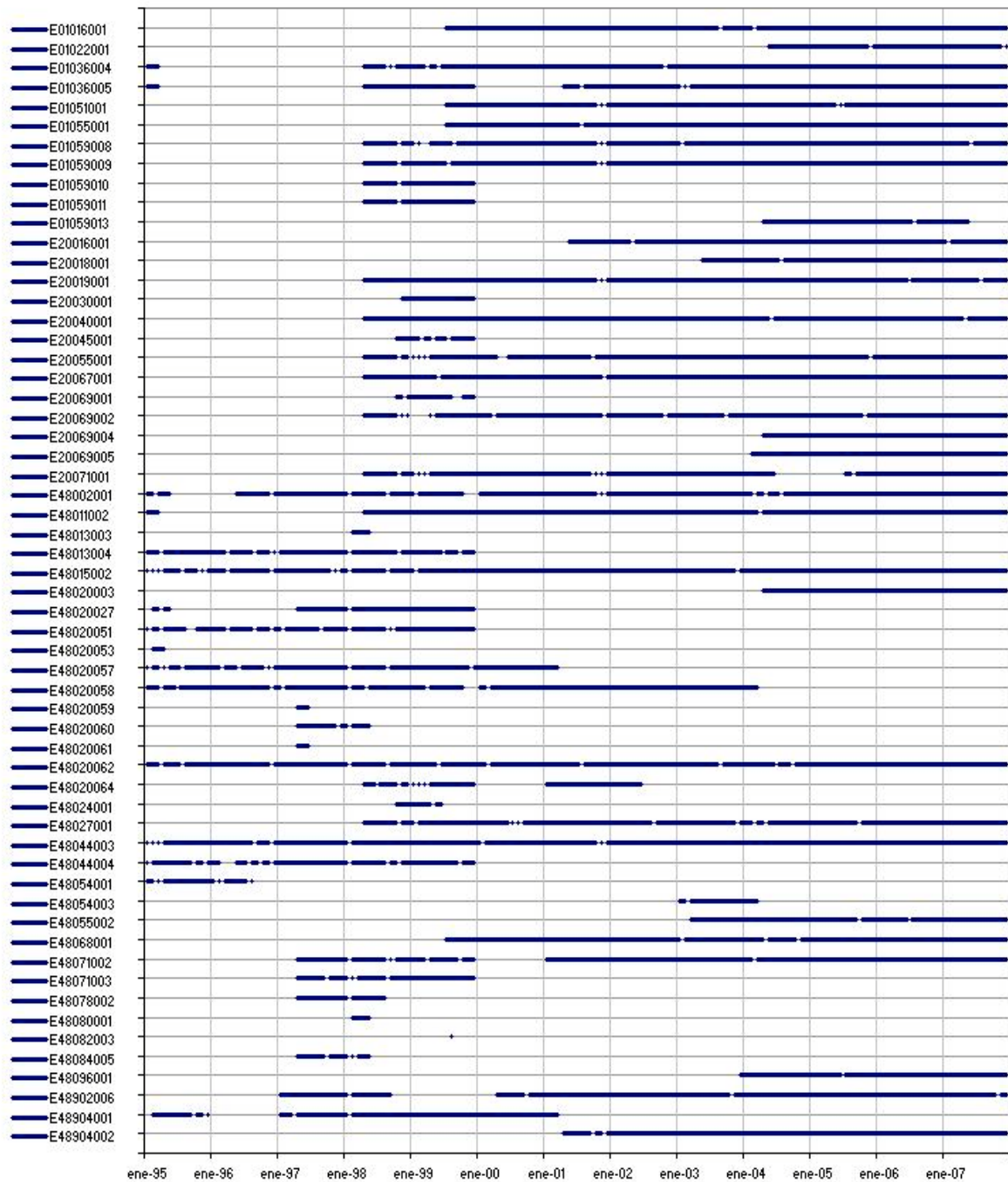


Figura 8.17.5: Cobertura temporal de las series de ozono correspondientes a las estaciones de la tabla anterior. Gráfico generado a partir de promedios diarios. Los huecos intermedios indican a periodos sin datos de al menos 2 días (no están incluidos los huecos generados en la depuración realizada por el CEAM como paso previo al análisis de los datos).

Como en otros muchos casos, apenas se ha contado con datos de variables meteorológicas de la red. Solo se ha dispuesto de ellos en 12 de estaciones entre 1999 y 2000 (y únicamente de 4 de ellas se tienen registros de los 2 años casi completos). La información meteorológica se han complementado con los datos de las torres de AEMET que muestra la figura 8.17.6. Pero las torres disponibles no proporcionan una buena cobertura en los territorios más meridionales, dificultando la interpretación de las concentraciones en los puntos que presentan los mayores niveles (*Izkiz, Valderejo y El Ciego*).



Figura 8.17.6: Torres meteorológicas de AEMET cuyos datos han sido utilizados en este estudio

8.17.3. Dinámica del ozono en País Vasco.

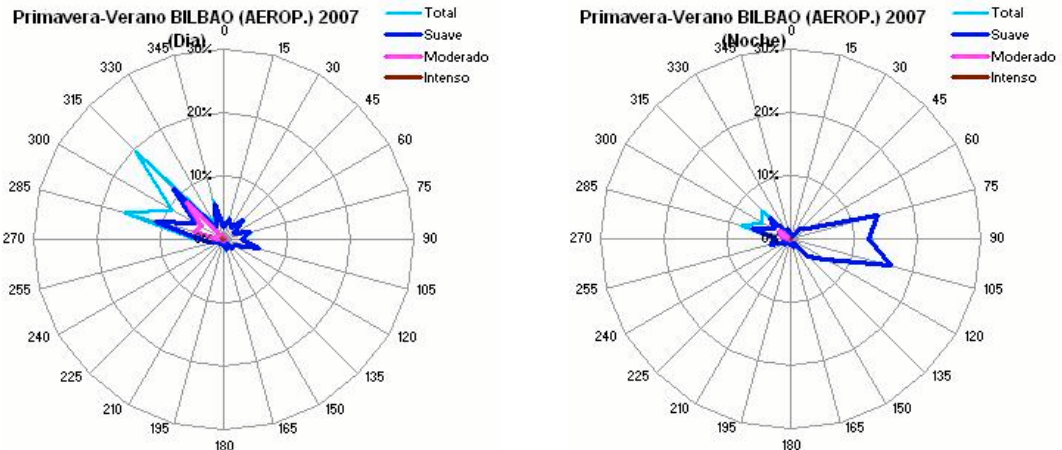
Este apartado reproduce básicamente el contenido del informe de Julio de 2007 en relación con la dinámica del ozono en el País Vasco. Esta dinámica está sujeta a variaciones estacionales. Los cambios interanuales en las condiciones meteorológicas pueden alterar ligeramente los procesos atmosféricos a lo largo de cada año en concreto, en particular la frecuencia y el alcance de las circulaciones que aquí se documentan. Pero sus características principales, asociadas a la climatología y la orografía de la región por un lado, y a la distribución de las emisiones por otro, se mantienen en sus aspectos esenciales.

El análisis de la base de datos actualizada con los nuevos datos de 2006 y 2007 da prueba de ello. Todos los gráficos presentados en este apartado para ilustrar las circulaciones dominantes, y sus efectos sobre las concentraciones de ozono, se han actualizado con datos de 2006 y 2007, y se comprueba que efectivamente esta dinámica está íntimamente relacionada con el territorio y que no varía con el tiempo.

La posición del País Vasco entre la costa cantábrica y el valle del Ebro, y la transición de la cordillera Cantábrica a Pirineos, determinan contrastes importantes fundamentalmente en el eje N-S. Siguiendo ese eje pueden distinguirse las 4 áreas de características orográficas, demográficas y climáticas diferenciadas: La franja atlántica al norte (zonas *Bajo Nervión, Kolstaldea, Donostialdea, Encartaciones, Alto Nervión, Alto Ibaizabal-Alto Deba, Alto Urola y Alto Oriá*), la zona montañosa intermedia entre las sierras de Urquilla, Cantabria y Urbasa que rodean Vitoria (zona *Llanada Alavesa*), la franja delimitada por montañas que ocupa el territorio inmediatamente al sur de la Llanada Alavesa (Zona *Alava Meridional*), y en el extremo más meridional, al sur de la sierra de Cantabria, las tierras de la ribera del Ebro (zona *Rioja Alavesa*).

En la franja atlántica se concentra la mayor parte de la población, destacando el área metropolitana de Bilbao, y se caracteriza por una orografía montañosa relativamente suave, pero compleja por la abundancia de valles con diferentes orientaciones. Estos territorios se encuentran en primavera y verano bajo la influencia de las brisas (figura 8.17.7). La calidad del aire en cada punto estará condicionada por la posición relativa respecto a las

áreas de emisión, y por la posibilidad de canalización de la masa aérea desde estos focos. Respecto a los niveles de ozono los gradientes estarán también marcados por la altura y por el grado de exposición a emisiones en el entorno próximo. La proximidad a estas emisiones puede moderar localmente unas concentraciones relativamente homogéneas en toda esta franja.



Figuras 8.17.7: Rosas de viento de la torre del aeropuerto de Bilbao entre Abril y Septiembre de 2007 durante el día (7 a 19 UTC) y durante la noche. **Leyenda:** Suave: $0.5 < v < 5$, Moderado: $5 < v < 10$, Intenso: $v > 10$ m/s

En toda la franja costera existe una componente de fondo de ozono que se suma la producción fotoquímica diaria a partir de las emisiones de la zona. De hecho las concentraciones registradas por la estación de *Pagoeta*, próxima a Zarauz, muestran un comportamiento y unos niveles comunes a toda la franja costera cantábrica, con una evolución en los registros horarios muy semejante a los de la estación EMEP de *Niembro* en Asturias, e incluso, aunque no tanto, a la estación de *Louseiras* en Galicia (ver ejemplo mostrado en la figura 5.15). Este “fondo regional” penetra desde el mar con la circulación de origen sinóptico inducida por el anticiclón de las Azores sobre el Cantábrico (Gangoiti *et al.*, 2006, Valdenebro *et. Al.*, 2007). La rosa de ozono de la figura 8.17.7 muestra que en *Abanto* y *Mundaka*, ambos situados en la costa, los niveles por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entran desde el mar (no se dispone de datos actualizados posteriores a 1999 y 2000).

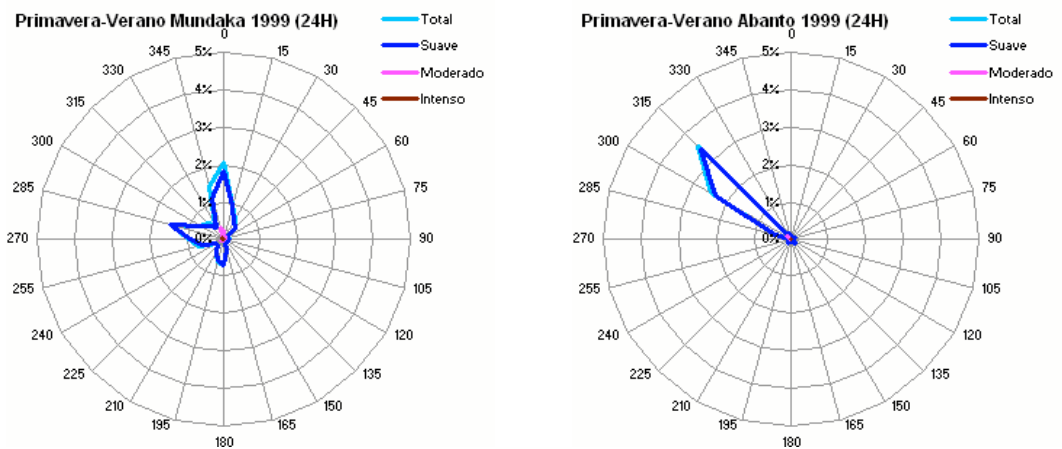


Figura 8.17.7: Rosas de ozono de las cabinas de Mundaka y Abanto en 1999. **Leyenda:** Suave: 80-120, Moderado: 120-150, Intenso $c > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Los mayores niveles de ozono en esta franja atlántica se pueden esperar en los puntos a sotavento de Bilbao, hacia el SE a lo largo del Valle del Ibaizabal, en el sudeste de la zona *Bajo Nervión* o en la zona *Alto Ibaizabal*. Sin embargo, los registros más elevados de la red son los de la estación de *Pagoeta*. La razón, como se ha señalado anteriormente, es probablemente que este emplazamiento, a diferencia del resto, está apartado de la influencia de emisiones cercanas, además de ligeramente sobreelevado respecto al nivel del mar (en este sentido será interesante el análisis de los datos de la estación de Urkiola).

El territorio intermedio ocupado por la zona *Llanada Alavesa* se encuentra protegido por barreras montañosas en todas las direcciones, aunque entre la Peña Gorbea y la Sierra de Urquilla se ofrece el paso a las circulaciones que penetran desde el norte (ver rosa de vientos del aeropuerto de Foronda en Vitoria, figura 8.17.8). Los registros simultáneos de ozono y viento (velocidad y dirección) de la estación *Farmacia* de Vitoria entre Julio y Septiembre de 1999 muestran que los niveles de ozono por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ están asociados a viento de componente NNE (ver rosa de ozono en la estación *Farmacia* de Vitoria en la misma figura)

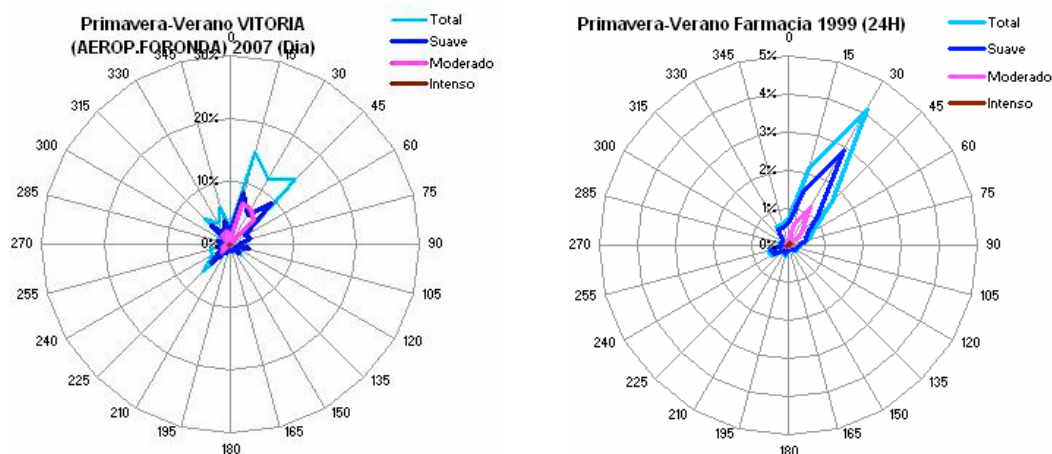


Figura 8.17.8: (Izda) Rosa de vientos de la torre del INM en el aeropuerto de Foronda en Vitoria. **Leyenda:** *Suave:* $0.5 < v < 5$, *Moderado:* $5 < v < 10$, *Intenso:* $v > 10$ m/s (Dcha) Rosa de ozono obtenida a partir de los datos de 1999 de la estación de calidad del aire *Farmacia* en Vitoria (no se dispone de los datos meteorológicos de años posteriores). **Leyenda:** *Suave:* 80-120, *Moderado:* 120-150, *Intenso:* $c > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Hacia el Sur y el este los Montes de Vitoria y la Sierra de Urbasa forman una barrera para la entrada de las circulaciones del SE que pueden llegar por el valle del Ebro. Dentro de esta zona la estación *Agurain* es la menos influenciada por emisiones en su entorno cercano (que sin embargo existen y no son despreciables, pues está próxima a la autovía que une Vitoria con Pamplona). Esta estación registra niveles significativos, en torno al valor objetivo de protección a la salud (ver gráficos de superaciones en el apartado 8.17.5). Se estiman valores ligeramente mayores y más representativos de la zona en cualquier otro punto de la zona apartado de esta influencia.

Por último, las zonas Alava Meridional y la Rioja Alavesa están más expuestas a las circulaciones del valle del Ebro, especialmente la segunda, y menos a las circulaciones de brisa. Presumiblemente la distancia y las barreras montañosas que se interponen entre la costa y estos territorios dificulta la llegada de las brisas, pero la falta de datos meteorológicos no permite confirmar esta hipótesis. Es posible además que en la zona *Alava Meridional* se modere mucho la entrada de la masa aérea desde el Valle del Ebro a

causa de la barrera orográfica que supone la Sierra de Cantabria frente a las circulaciones del SE. En cualquier caso las estaciones de estas zonas, *Izkiz*, *Valderejo* y *El Ciego*, son las que registran los mayores niveles de ozono de toda la red de calidad del aire del País Vasco. A falta de más datos para el análisis (no se dispone de registros meteorológicos de ningún punto al sur de Vitoria), hay que atribuir estos niveles mayores a la entrada de la masa aerea rica en ozono por la depresión del Ebro (las series de datos de las estaciones de La Rioja y Navarra en el margen del Ebro registran las máximas concentraciones cuando les alcanza la circulación del SE)

- **Estacionalidad, variaciones interanuales y posibles tendencias.**

El gráfico de la figura 8.17.9 muestra la pauta estacional (año promedio) de los niveles de ozono registrados por las estaciones rurales de la red del País Vasco. El perfil de las estaciones costeras, Mundaka y Pagoeta, difiere ligeramente del de las estaciones del sur Izkiz, Valderejo y El Ciego. El primer grupo muestra características semejantes al resto de estaciones de la franja Cantabrica, con los niveles máximos en primavera y un mínimo relativo en Julio y Agosto. El segundo grupo sigue una evolución estacional que se asemeja más a los del centro y mediterráneo peninsular, manteniendo los niveles de concentración elevados en verano.

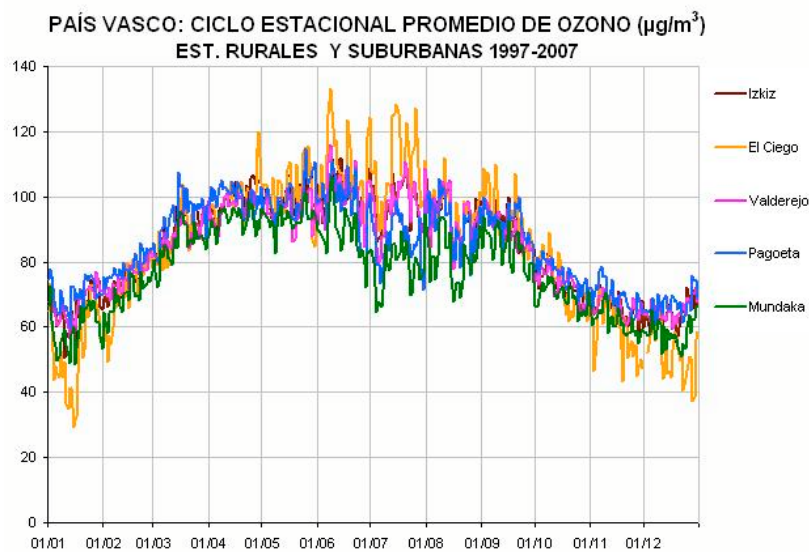


Figura 8.17.9: Año promedio de las estaciones rurales de la red del País Vasco, calculada a partir de las series de máximos octohorarios diarios. (Se exige al menos tres años de datos para el cálculo de cada serie).

Esta diferencia está motivada probablemente por la mayor influencia en la franja costera de las circulaciones inducidas por la posición del anticiclón de las Azores en verano. Con frecuencia en esta época del año el anticiclón se extiende hacia Centroeuropa, provocando la circulación del E sobre toda la franja cantábrica. Este viento de origen sinóptico contribuye a dispersar los contaminantes en la franja litoral, e impide que estos se acumulen durante periodos de varios días, como ocurre sobre el litoral mediterráneo o en el centro de la península. En consecuencia ayudan a moderar los niveles de ozono en verano, y explican las diferencias en la pauta estacional de ozono entre la franja cantábrica y el resto del territorio.

La figura 8.17.10 muestra a la izquierda la evolución de las concentraciones en el periodo 1996-2007 en el País Vasco, y a la derecha la misma evolución en el conjunto de estaciones representativas para todo España.

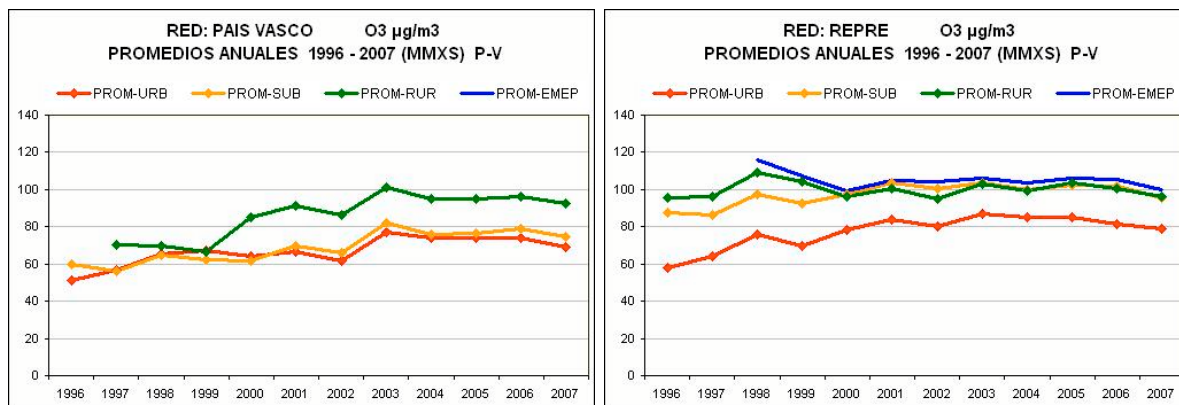


Figura 8.17.10: Evolución de las concentraciones anuales de ozono (de primavera y verano) en el País Vasco. Los valores se han promediado por separado para estaciones urbanas, suburbanas y rurales. El gráfico de la derecha, correspondiente a la selección de estaciones representativas para toda España, permite la comparación con la evolución general. (Cálculos realizados a partir de las series de máximos octohorarios diarios. En todos los casos solo contribuyen a cada promedio anual las estaciones con una cobertura mínima del 86%).

No se tiene explicación para las diferencias en los niveles de concentración antes y después del año 2003 (aunque en ese año si es de esperar el pico que se observó en muchas de las redes a causa de las anomalías térmicas que se dieron en ese año). Las redes de Cantabria y Asturias no muestran ese comportamiento, y no parece que se pueda atribuir a causas naturales. En cualquier caso en los últimos años los grupos de estaciones urbanas y rurales se sitúan en niveles similares, aunque ligeramente inferiores, a los del conjunto de estaciones representativas. En cuanto a las estaciones suburbanas, que en el grupo representativo de toda España toma en promedio valores iguales a los de las estaciones urbanas, en el País Vasco se sitúan en niveles semejantes a los de las estaciones urbanas. Estos resultados indican la mayor influencia de las emisiones del tráfico en los emplazamientos seleccionados en esta red.

8.17.4. Revisión de Recomendaciones.

Como se ha comentado al principio la red del País Vasco no se ha modificado de forma significativa respecto a la configuración que tenía en 2005. Por tanto las recomendaciones para la optimización de esta red no difieren tampoco apreciablemente de las que se emitieron en el informe de Julio 2007, en que se diagnosticaba la situación de la red en base a los datos disponibles entonces hasta el año 2005.

Por otro lado, como también se ha señalado anteriormente, varios de los puntos de interés para complementar la red, coinciden aproximadamente con la posición de alguna de las estaciones que figuran como operativas en la Web de calidad del aire del País Vasco, y de las cuales no se han recibido los datos. Es posible por tanto que alguna de las propuestas que aquí se incluyen puedan estar ya implementadas.

Del análisis de los datos de la base de datos histórica se puede deducir un gradiente N-S en los niveles de ozono, con las mayores concentraciones en las zonas meridionales, y valores más moderados en la franja costera y la zona intermedia. Sin embargo este gradiente puede estar acentuado por la ubicación de las estaciones de las zonas del norte y centro en puntos influenciados por emisiones próximas.

Las propuestas de optimización consisten en primer lugar en cuatro puntos de medida de tipo rural, uno en el entorno de Urkiola, a sotavento de Bilbao en la zona *Alto Ibaizabal-Alto Deba*, en algún emplazamiento ligeramente sobreelevado y alejado de la influencia de emisiones industriales y de tráfico en el entorno próximo, otro en la *Llanada Alavesa*, al norte de Vitoria en el entorno de Murua, igualmente alejado de la influencia de emisiones en el entorno próximo. Los otros dos en las zonas *Encartaciones* y *Alto Nervión*, dentro de la posible influencia de la pluma de Bilbao, y en las cuales actualmente se mide en estaciones influenciadas por el tráfico. Como se señalado al principio es posible que las últimas modificaciones realizadas en la red hayan resuelto esta situación. En particular el primer punto propuesto podría ser equivalente a la estación *Urkiola* (de la que no se tienen los datos). En ese caso sería innecesaria la selección del punto propuesto.

Estos puntos propuestos están concebidos para una campaña previa de medidas con unidad móvil equipada al menos con monitores de ozono y NOx, y torre meteorológica. En ambos casos es importante la localización de emplazamientos apartados de la influencia de emisiones en el entorno inmediato y de pantallas que alteren localmente los registros de viento. A partir de los resultados obtenidos se podría decidir si estos pasan a formar parte de los emplazamientos permanentes de la red. Se requiere en cada punto de dos a tres meses de medidas entre Abril y Septiembre, preferentemente incluyendo Mayo y Junio.



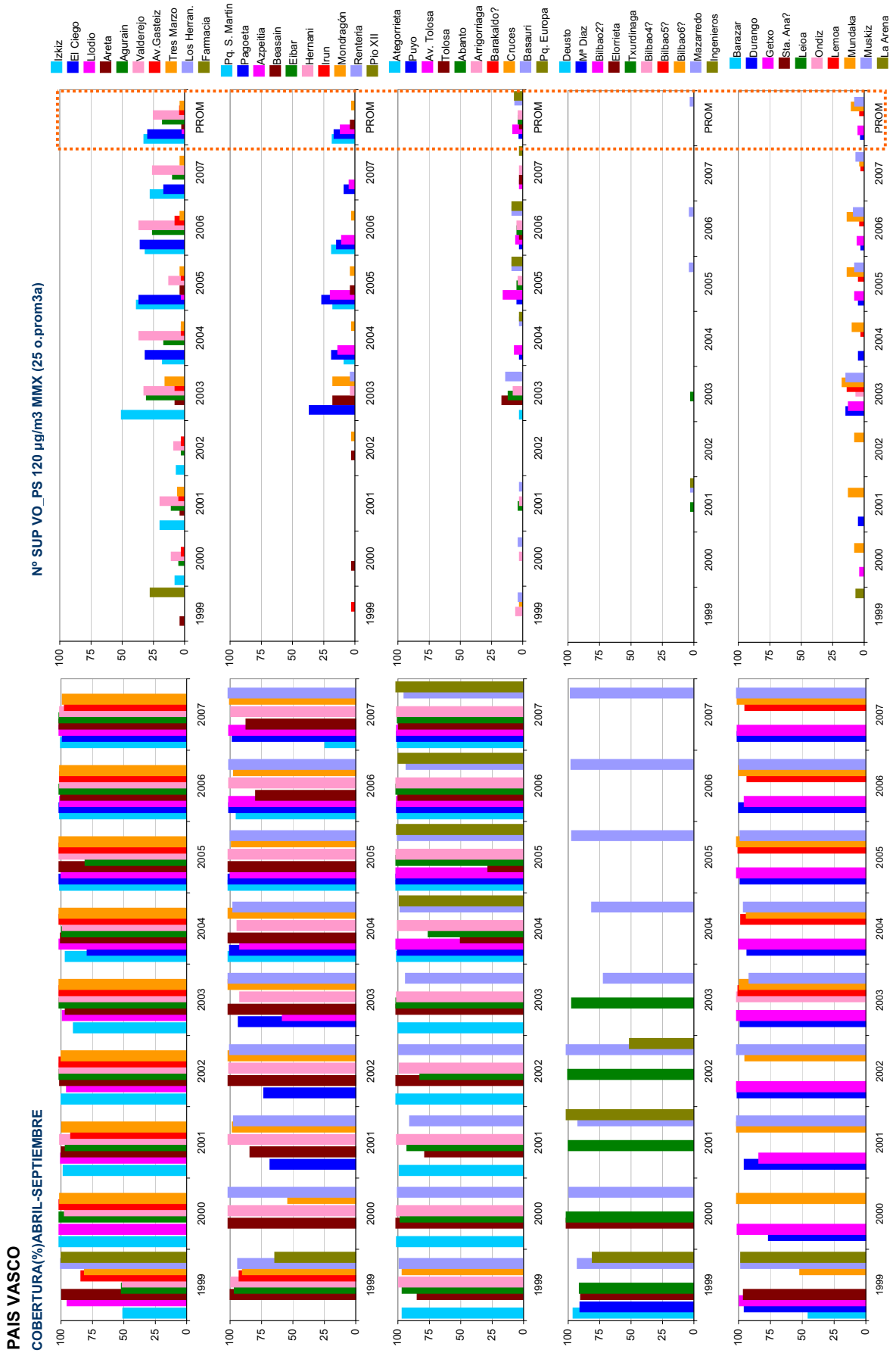
Figura 8.17.11: Propuesta de puntos de medida complementarios en la red de calidad del aire del País Vasco y modificaciones en la zonificación.

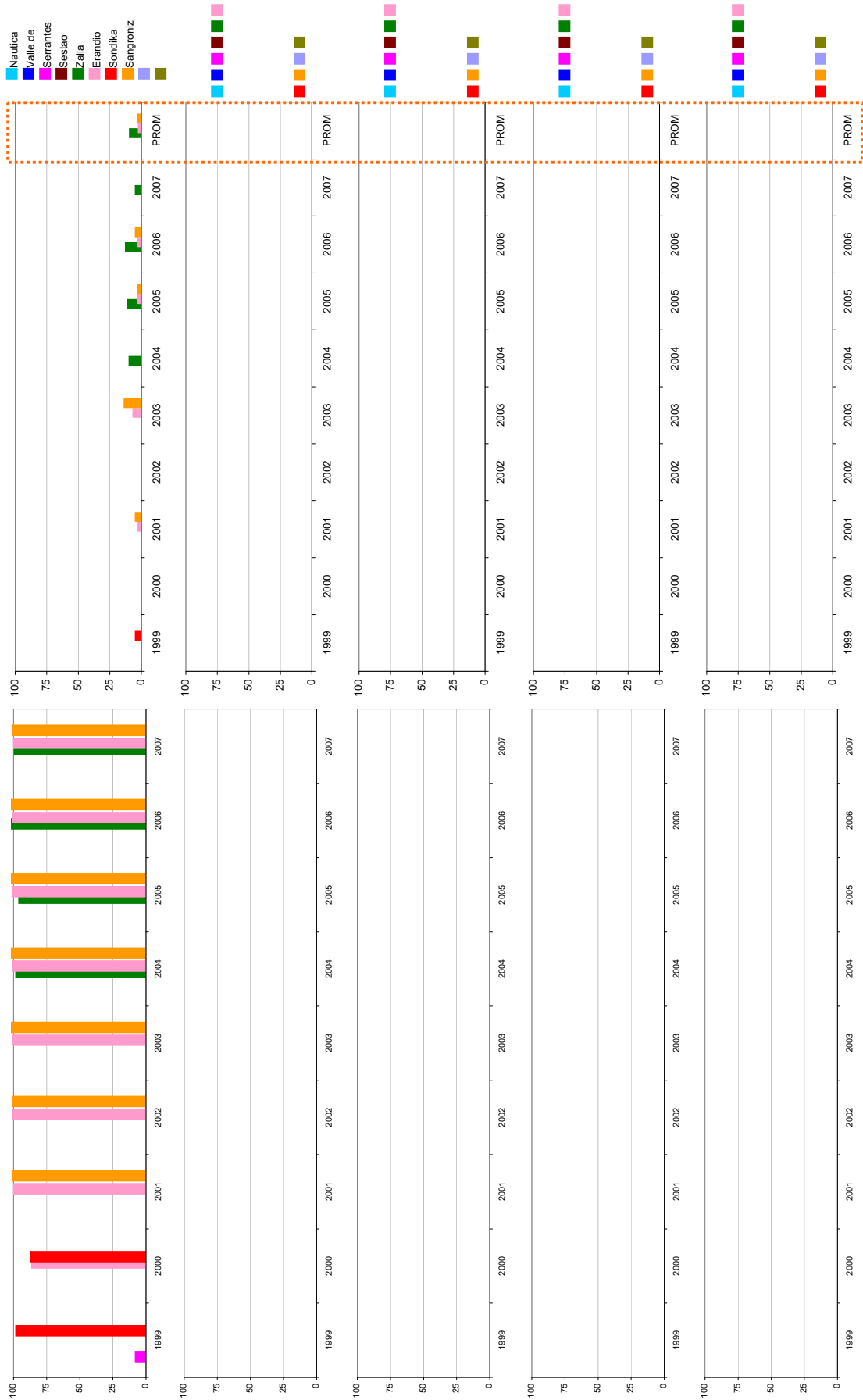
Por otra parte en cuanto a la zonificación se considera que, al menos en relación con la vigilancia del ozono, es posible simplificar el actual mapa de zonas. Se trataría de combinar algunas de las zonas actuales, conservando la estructura de 5 franjas, entre costa e interior, que permita vigilar este gradiente. Así mismo se mantienen las dos

aglomeraciones *Bajo Nervión* y *Donostialdea*, aunque para ambas se propone también reducir su extensión a las respectivas áreas metropolitanas, dejando fuera las áreas rurales actualmente incluidas en ellas.

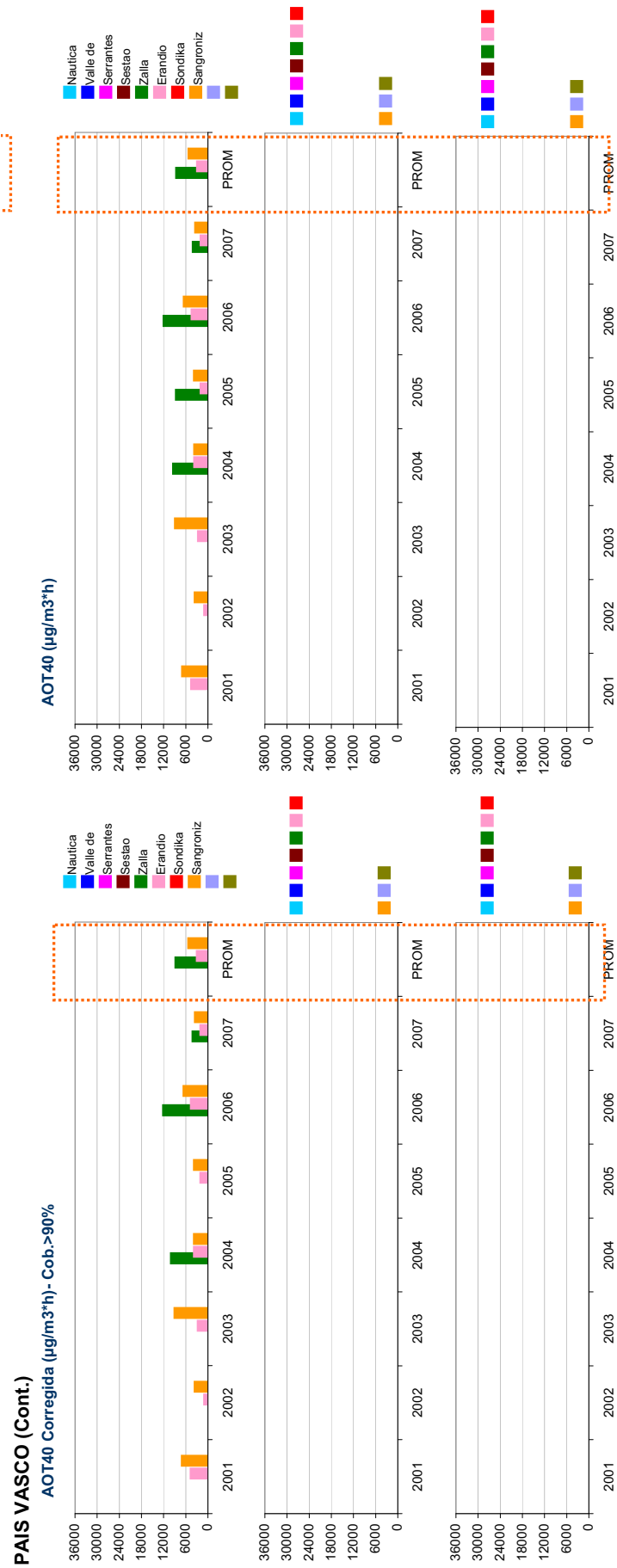
8.17.5. Gráficos de superaciones de Valores Objetivo en 1999-2007.

Los gráficos que siguen a continuación muestran para todas las estaciones de la red del País Vasco las superaciones anuales y el promedio de tres años del valor objetivo de protección a la salud (solo se representan las estaciones que tienen la cobertura temporal exigida, 86% entre Abril y septiembre, o que sin alcanzar esta cobertura registraron más de 25 superaciones), y los valores de la AOT40, parámetro de referencia del valor objetivo de protección a la vegetación.









9. Resumen de Resultados, Conclusiones y Síntesis de Propuestas de Optimización.

9.1. Resumen de resultados.

El análisis de la base de datos de calidad del aire ha permitido caracterizar la dinámica del ozono en España. Como resultado de este análisis se han propuesto varios puntos de medida complementarios a la redes actuales, y algunas modificaciones en los mapas de zonificación.

El análisis del banco de datos históricos ha estado condicionado al menos por: i) La calidad de los datos, con la presencia en algunas redes de un número significativo de registros afectados por problemas técnicos de los instrumentos de medida (estos datos han sido filtrados en la fase previa al análisis), ii) la escasez de datos meteorológicos asociados los registros de especies contaminantes en algunas de las CCAA, iii) y, finalmente por la propia distribución de las cabinas automáticas de las redes, que presentan importantes huecos en algunas de las CCAAs, y que en general están más orientadas a la vigilancia en entornos urbanos e industriales. Siendo este aspecto precisamente uno de los objetivos de mejora contemplados en el estudio.

En este informe final se detallan los trabajos realizados, orientados a los objetivos presentados en el Capítulo 1, y los resultados alcanzados a lo largo del estudio. Los resultados principales se enumeran en los siguientes puntos:

1. Se ha presentado una **metodología y un procedimiento para la optimización de redes de calidad del aire**, basada fundamentalmente en la explotación de los datos concentración de contaminantes y de variables meteorológicas de las propias redes. Esta metodología consiste en un procedimiento iterativo de análisis de las series temporales en el que también se contempla el papel de otras herramientas como campañas experimentales y modelización, especialmente en áreas donde hay huecos de conocimiento (falta de datos históricos) o para la interpretación de los procesos de mayor complejidad (ej: papel del transporte vertical y recirculaciones, en situaciones episódicas)
2. A partir de la aplicación de este procedimiento (en dos iteraciones consecutivas sobre las series de datos de los periodos 1995-2005 y 1995-2007), se han elaborado **propuestas concretas de optimización de la red y la zonificación para cada CCAA**, en relación con la vigilancia del ozono troposférico. Las propuestas consisten en recomendaciones de nuevos puntos de medida, en primera instancia para la operación de unidades móviles, cuyos registros proporcionarán la evidencia suficiente para confirmar o descartar las hipótesis planteadas. El análisis posterior de los datos obtenidos en estas campañas permitirán valorar la conveniencia de implementar de forma definitiva las modificaciones propuestas mediante la instalación de cabinas fijas o la modificación del mapa de zonas.
3. El análisis de los niveles de ozono troposférico en España ha permitido caracterizar diferentes comportamientos por áreas geográficas y cuencas aéreas, con la identificación de patrones de transporte que se traducen también en **patrones espacio-temporales de las concentraciones de ozono**. Estos patrones muestran ciclos estacionales, semanales y diarios característicos, que son muy dependientes de la posición respecto a las fuentes de emisión, y del tipo de entorno de cada emplazamiento. Se ha puesto de manifiesto la relevancia del papel que juegan en esta

dinámica las circulaciones de mesoescala que se desarrollan regularmente en primavera y verano.

4. Los ejercicios de **simulación numérica** llevados a cabo proporcionan una visión general, a escala peninsular, de la configuración de estas circulaciones de mesoescala que se consolidan especialmente con el desarrollo de la Baja Térmica Ibérica, y se organizan configurando líneas de convergencia sobre los ejes de las cadenas montañosas. A lo largo de estas líneas de convergencia se producen “inyecciones” de la masa aérea en altura, que dan lugar a la formación de estratos ricos en ozono y otros compuestos secundarios. Como compensación a estas circulaciones se refuerza la subsidencia anticiclónica sobre áreas donde se restringe la altura de la capa de mezcla, y donde en ocasiones pueden acabar recirculando o “fumigando” los estratos formados por ascendencia orográfica.
5. Se ha elaborado un **documento-guía con la evidencia experimental acumulada** sobre los procesos atmosféricos que dirigen la dinámica del ozono en la cuenca mediterránea occidental y en la Península Ibérica en particular.
6. Se ha llevado a cabo una **campana experimental** para el análisis de los elevados niveles de ozono en una zona de alta presión industrial (Puertollano, Ciudad Real). La descripción de los trabajos y los resultados de esta campaña se presentan en un documento independiente.
7. Como paso previo al análisis de las series de datos se ha requerido una **revisión y depuración exhaustiva de las medidas de ozono** de todo el periodo 1995-2007 (la envergadura de esta labor no ha permitido extender la depuración al resto de variables, aunque sí se ha aplicado a los datos de velocidad y dirección de viento, fundamentales para el análisis realizado). El resultado de la validación de datos se aporta como material complementario a este informe en un fichero con más de 1140 registros, cada uno de los cuales es relativo a un periodo de datos anulado. Los porcentajes de datos anulados por CCAA entre 1996 y 2007 varían aproximadamente entre el 1% y el 30%.
8. Se han desarrollado **herramientas de software** para el análisis de los datos (software *Visualceam*), y para la organización de la meta-información asociada al banco de datos, (base de datos constituida por formularios con la descripción de las redes y las estaciones automáticas). Ambas herramientas se remiten con este informe como parte del material complementario.

Otros logros asociados a este contrato han sido:

9. La coordinación y redacción del documento del grupo de trabajo “Optimización de redes de Vigilancia de la calidad del aire” para el V Seminario de la calidad del aire en España. Y la participación en el grupo de trabajo “Control de Calidad en Redes de Vigilancia de la Calidad del Aire” para el V Seminario de la calidad del aire en España.
10. Organización de Jornadas convocadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino (Valencia, 20-21 Noviembre de 2008) sobre *Validación de datos de redes de calidad del aire y Criterios de agregación de datos para la evaluación de la calidad del aire*, orientadas a gestores la calidad del aire en España.
11. La coordinación de un grupo de trabajo surgido de las anteriores Jornadas a sugerencia de varios los gestores asistentes, para la elaboración de un documento-guía orientado a aportar criterios y metodología para la validación de datos de redes de calidad del aire en España.

9.2. Conclusiones generales:

En cuanto a las conclusiones generales se destacan aquí las siguientes:

- En términos generales se estima que la configuración actual (2007) de las redes, es decir, el número y la distribución de estaciones, es buena, y proporcionan una buena herramienta para la evaluación de la calidad de aire. Pero **en relación con la vigilancia del ozono se han detectado algunas carencias**, con la posibilidad de mejorar tanto la distribución de emplazamientos de medida, como la delimitación de las zonas en algunas partes del territorio. Para ello se ha elaborado el conjunto de propuestas que se sintetizan en el siguiente apartado.
- La distribución geográfica de las superaciones de los valores objetivo y del umbral de información definidos para el ozono, aunque en alguna medida está condicionada o sesgada por la propia distribución de las estaciones automáticas, ilustran un patrón general válido. En este **patrón espacial** el arco mediterráneo peninsular y la zona centro presentan los mayores niveles, y la franja cantábrica y las Islas Canarias y Baleares los niveles más bajos. Entre los puntos con mayor frecuencia e intensidad de superaciones destacan las áreas de influencia de Sevilla, Madrid y Barcelona.
- Las redes de calidad del aire son un instrumento útil y muy valioso para la investigación de la dinámica de contaminantes. A partir del análisis de los datos que estas redes proporcionan se pueden caracterizar las **rutas de transporte habitual de las emisiones y de sus productos secundarios a nivel de superficie**. Estas rutas están definidas por las circulaciones mesoescalares de viento, configuradas en gran medida por la orografía, y deben ser tenidas en cuenta en el diseño de las redes y la zonificación.
- Algunas de las situaciones caracterizadas son de especial interés por relacionar los niveles de ozono, o una parte de ellos, con el **transporte de la masa aérea desde comunidades vecinas**. Estas situaciones invalidan en muchos casos la posibilidad de diseñar e implementar planes de reducción de ozono basados en el control único de las emisiones “propias” en algunas comunidades.
- Además de las contribuciones de transporte y formación de ozono a nivel de superficie, en muchos puntos de la península **es significativa la componente de transporte vertical en primavera y verano**. Al menos en las situaciones en que se desarrolla la Baja Térmica sobre el centro peninsular, lo que ocurre de forma frecuente en esta época del año, muchos territorios se configuran como zonas de subsidencia (aire descendente), en compensación a las ascendencias que se producen sobre las cordilleras que los rodean. En ellas se restringe la altura de la capa de mezcla, y en ocasiones pueden ser las “receptoras” de concentraciones de ozono formadas por ascendencia orográfica en las líneas de convergencia. La cantidad o porcentaje que supone esta contribución es difícilmente cuantificable a partir del análisis de los datos de las redes de calidad del aire. Se requiere para ello el uso complementario de otros recursos y herramientas como la modelización fotoquímica o campañas experimentales específicamente diseñadas para este objeto.
- En algunos áreas del territorio, como las costas mediterránea y la cantábrica se puede presumir una componente no despreciable de concentraciones de ozono debida al **transporte a larga distancia** desde Centroeuropa, que contribuiría como una componente más a los niveles de fondo que se añaden cada día a la producción fotoquímica a partir de las emisiones del día.

- No se aprecian **tendencias** claras en las series históricas de concentraciones de ozono, calculadas a partir de un conjunto de estaciones representativo par toda España. Estos resultados apuntan en la misma dirección que las conclusiones del reciente informe de la Agencia Europea de Medioambiente (Julio de 2009) sobre tendencias a largo plazo del ozono troposférico en Europa.
- Se ha detectado un número significativo de **medidas no válidas** en las series temporales de ozono, que han sido filtradas para las tareas de análisis. La presencia (inevitable en mínimas cantidades) de un número significativo datos erróneos exige una constante atención en las labores de mantenimiento, y la validación posterior de los datos por parte de personal experto.
- Al menos para dos de las comunidades resulta difícil plantear modificaciones al mapa de zonas, y por razones completamente opuestas. En Castilla-León la homogeneidad del terreno y de las circulaciones de viento en toda la meseta meridional, junto a la dispersión de los focos de emisión por todo el territorio (en el caso de Valladolid se requiere un análisis específico de su área de influencia), hace que este territorio se comporte en realidad como una gran cuenca aérea. Esta circunstancia hace muy difícil delimitar zonas de calidad del aire a partir del análisis de los datos disponibles. Y en el País Vasco, con un numero muy elevado de zonas, se puede presumir que al menos en relación con el ozono, es posible reducir considerablemente el numero de ellas en la mitad norte. La dificultad en este caso se plantea por la distribución actual de estaciones, en su mayoría muy influenciadas por emisiones cercanas, y con un área de representatividad limitada.

9.3. Resumen de propuestas de optimización.

Como se ha señalado anteriormente en este informe, el estudio y las propuestas resultantes se han orientado básicamente a mejorar la vigilancia del ozono en las zonas rurales, dentro de una situación actual en la que varias de las redes siguen más centradas en la vigilancia de las emisiones primarias, con sus estaciones preferentemente ubicadas en entornos urbanos e industriales.

En todos los casos los emplazamientos están concebidos para la realización de campañas de medidas con unidades móviles equipadas al menos con monitores de contaminantes y torre meteorológica. A partir de los resultados de estas campañas se confirmaría cuales de ellos deben pasar a formar parte de los emplazamientos permanentes de la red, y se confirmaría igualmente la conveniencia de las modificaciones propuestas en la zonificación.

La ubicación exacta de los puntos de medida requiere la participación de técnicos y gestores locales que conozcan bien el terreno. Por ello las propuestas realizadas no definen posiciones exactas, sino áreas relativamente reducidas dentro de las cuales localizar las ubicaciones idóneas. De la misma manera los límites de las nuevas zonas propuestas son solo orientativos, quedando a criterio de los gestores las modificaciones necesarias sin que estas desvirtúen los objetivos planteados. En ambos aspectos, y en todo lo relacionado con la implementación de las propuestas presentadas, los autores de este estudio confían en seguir colaborando con todos los gestores, y demás agentes implicados, en el control de la calidad del aire.

Por último, la posible implementación en el futuro de estas propuestas de optimización supone la ampliación de las redes con nuevos puntos de medida. Al menos en las redes de

Castilla-León y Aragón existen áreas con gran densidad de estaciones pertenecientes a redes privadas y algunas de ellas redundantes. En esta CCAA se podría valorar la conveniencia de buscar la fórmula para integrar estas redes privadas con la red regional. Las cabinas redundantes servirían para optimizar la red, mejorando la vigilancia del ozono troposférico sin grandes costes añadidos.

El mapa de la figura 9.1. muestra todas las propuestas realizadas en cuanto a puntos de medida complementarios, y modificaciones de la zonificación.



Figura 9.1: Mapa resumen con los puntos de medida propuestos y las modificaciones de las zonificaciones.

▪ **Áreas propuestas para llevar a cabo ejercicios de modelización y campañas experimentales para la validación posterior:**

Las limitaciones inherentes a la naturaleza de las redes de vigilancia limitan las posibilidades de análisis y la caracterización completa de los procesos implicados en la dinámica de los contaminantes. Estas redes registran a nivel de superficie y solo en un número discreto (sin continuidad) de puntos el resultado de las circulaciones que ocurren en realidad en las tres dimensiones, con gran influencia de los procesos en altura. Para el análisis de todos estos aspectos en puntos de especial interés se recomienda la realización de campañas experimentales y ejercicios de simulación numérica con modelos meteorológicos y fotoquímicos adaptados a las condiciones locales y regionales.

A continuación se enumeran las áreas prioritarias para la realización de estudios complementarios al análisis de la base de datos.

- En la parte baja de la depresión del Ebro entre Aragón y Cataluña la circulación se establece a menudo en base a la competencia entre la brisa y el NO que domina sobre todo el valle del Ebro. Esto provoca registros elevados de ozono en esta zona difíciles de interpretar.
- Al norte de Castilla-La Mancha se puede presumir la influencia de las emisiones de Madrid sobre la provincia de Guadalajara. Más difícil de determinar es la posible influencia de las emisiones de Madrid sobre el norte de Toledo (el retorno en superficie de las emisiones que han sido transportadas durante las primeras horas de la mañana en dirección hacia el SO con el flujo de drenaje nocturno, podría ser una componente significativa). En la meseta además del posible transporte de ozono desde el mediterráneo a través de Murcia y la Comunidad Valenciana hacia Albacete y Cuenca pueden tener un papel importante otros factores como: *i*) la subsidencia compensatoria a la convergencia sobre los ejes de todo el contorno montañoso e la meseta (Sistema Central, Sistema Ibérico, Sierra Morena), que limita la altura de la capa de mezcla, y por tanto incrementa las concentraciones al reducir el volumen de dilución, *ii*) la posibilidad de recirculación de estratos de ozono formados por ascenso o “inyección orográfica” en esta u otras líneas de convergencia,
- El área de Sevilla es la que registra el mayor número de episodios de ozono en España. Esta circunstancia está probablemente asociada al hecho de que sobre Sevilla coinciden las emisiones de NO_x del tráfico urbano con los VOCs procedentes de las emisiones industriales de Huelva, convirtiendo el habitual *régimen limitado en VOCs*, propio de las grandes ciudades, en uno con mayor tasa de formación de ozono. Esta configuración singular, con un área de importantes emisiones de NO_x a sotavento de un área de importantes emisiones de COVs, no se da en ningún otro punto de España

Y en relación con la posibilidad recibir ozono y/o precursores procedentes de fuera de España debido al transporte a larga distancia:

- En el extremo nororiental de Gerona los registros de viento singulares requieren complementar los datos de calidad del aire con herramientas como la modelización para una mejor caracterización y cuantificación de las concentraciones que pueden penetrar por el sur de Francia a través del paso de Carcasone. Esta componente contribuye a los niveles de fondo sobre toda la cuenca mediterránea occidental. El mismo estudio serviría para contrastar los niveles relativamente bajos, en relación con la costa mediterránea peninsular, que se registran en las Islas Baleares.
- En el la franja cantábrica se presume el transporte a larga distancia desde Centroeuropa (de ozono y/o de precursores) en alguna de las ocasiones en que predomina la advección sinóptica de componente NE forzada por la extensión del anticiclón de las Azores hacia Centroeuropa.

Bibliografía

- Allwine K.J., Whiteman C.D. (1994) Single-station integral measures of atmospheric stagnation, recirculation and ventilation. *Atmospheric Environment*, 28, 4
- Ayuntamiento de Madrid (2009). Propuesta de adaptación de la red de vigilancia de la calidad del aire a la directiva 2008/50.
- Atkinson R. (2000) Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmospheric Environment*, 34
- Blumenthal D.L., White W.H., Smith T.B. (1978) Anatomy of Los Angeles Smog episode: Pollutant transport in the daytime sea breeze regime. *Atmospheric Environment*, 12
- Darby L.S. (2005) Cluster Analysis of Surface Winds in Houston, Texas, and the Impact of Wind Patterns on Ozone. *Journal of Applied Meteorology*, 44
- Derwent R.G., Davies T.J. (1994) Modelling the Impact of NOx or Hydrocarbon Control on Photochemical Ozone in Europe. *Atmospheric Environment* 28 12
- Diéguez J.J., Mantilla E. (2001) "Zonificación de la Comunidad Valenciana dirigida a la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente". Informe para la D.G. de Educación y Calidad Ambiental de la Consellería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana
- Diéguez J.J., Palau J.L., Perez-Landa G., Stein A., Millán M.M. (2004) Guidelines on the output from the UAQIFs for the Castellón area, Spain.- FUMAPEX Guidelines of output from UAQIFs as specified by end-users Ed: Leiv Havard Slordal- Norwegian Institute for Air Research (NILU) ISBN: 82-425-1532-8 Norway
- Diéguez J.J., Juan L., Mantilla E., Miró J.V, Orts R., Poquet M., Tomás M. 2005 La calidad del aire en la Comunidad Valenciana 2002, 2003, 2004 Ed: Generalitat Valenciana Conselleria Territorio y Vivienda. ISBN: 84-482-4356-0
- Diéguez J.J, Millán M.M , Adame J.A, Alastuey A., Artiñano B., Callejas M., Casado J.C, Cerro J.C., Colle R., Jiménez S., Lavín J., Lozano A., Orts R., Pallarés M., Pinilla E. "Optimización de Redes, Interpretación de datos y Campañas experimentales" (2006) Documento Grupo de trabajo V Seminario de la Calidad del aire en España.
- Gangoiti G., Albizuri A., Alonso L., Navazo M., Matabuena M., Valdenebro V., García J.A, Millán M.M. (2006) Sub-continental transport mechanisms and pathways during two ozone episodes in northern Spain. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6
- Garratt J.R (1999) *The Atmospheric Boundary Layer*. Ed. Cambridge
- Lelieveld J., Dentener F.J. (2000) What controls tropospheric ozone?. *Journal of Geophysical Research* 105 D3
- Lu R., Turco R.P. (1996) Ozone distributions over the Los Angeles basin: Three-dimensional simulations with the smog model. *Atmospheric Environment* 30 24
- McKendry I.G., Lundgren J. (2000) Tropospheric layering of ozone in regions of urbanized complex and/or coastal terrain: a review. *Progress in Physical Geography* 24 3
- Millán M.M., Artiñano B., Alonso L., Navazo M., Castro M. (1991) The effect of mesoscale flows on regional and long-range atmospheric transport in the western mediterranean area. *Atmospheric Environment* 25A 5-6
- Millan M.M., Artiñano B., Alonso L., Castro M., Fernandez-Patier R., Goberna J. (1992) Mesometeorological cycles of air pollution in the Iberian Peninsula (MECAPIP). *Air Pollution Research Rep* 44 14834
- Millan M.M., Salvador R., Mantilla E., Artiñano B. (1996) Meteorology and photochemical air

pollution in southern Europe: Experimental results from EC research projects. *Atmospheric Environment* 30 12

Millán M.M., Salvador R., Mantilla E., Kallos G. (1997) Photooxidant dynamics in the Mediterranean basin in summer: Results from european research projects. *Journal of Geophysical Research* 102 D7

Millán M.M., Mantilla E., Salvador R., Carratalá A., Sanz M.J., Alonso L., Gangoiti G., Navazo M. (2000) Ozone cycles in the western mediterranean basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *Journal of Applied Meteorology* 39

Millán M.M., Sanz M.J., Salvador R., Mantilla E. (2002) Atmospheric dynamics and ozone cycles related to nitrogen deposition in the western mediterranean. *Environmental Pollution* 118

Orlanski, I. (1975) A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society* 56 5

Plaza P., Pujadas M., Artiñano B. (1997) Formation and transport of the Madrid ozone plume. *Journal of the Air & Waste Management Association*,47

Rao S. T., Zurbenko I. G., Neagu R., Porter P. S., Ku J. Y., Henry R. F. (1997) Space and Time Scales in Ambient Ozone Data. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78 10

Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1998) *Atmospheric Chemistry and Physics. From air pollution to climate change.* Wiley-Interscience

Sillman S. (1999) The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. *Atmospheric Environment* 33

Solberg S., et al. (2009) Assessment of ground-level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends. EEA Technical Report No 7/2009

Valdenebro V., Gangoiti G., Albizuri A., Alonso L., Navazo M., Garcia J.A., Millán M.M. (2007) Evolution of the ozone episodes in northern Iberia (Cantabric and pyrenaic regions) under west european atlantic blocking anticyclones. *International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application* September 24 - 28, 2007, Aveiro - Portugal

Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de Septiembre de 1996 sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente

Directiva 2002/3/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002 relativa al ozono en el aire ambiente

Real Decreto 1073/2002 de 18 de Octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

Real Decreto 1796/2003 de 26 de Diciembre relativo, al ozono en el aire ambiente.

ANEXO 1.

Programa VisualCEAM para visualización de datos y calculo de superaciones de valores legales de referencia.

Manual de uso

VisualCEAM es un programa para la visualización de las series históricas de datos de calidad del aire de las redes automáticas de España. Permite representaciones de la evolución en diferentes promedios (diario, mensual y anual), y efectúa el cálculo de las superaciones anuales de los valores legales de referencia (valores límite y objetivo, umbrales de evaluación, y umbrales de información y alerta) de todos los contaminantes regulados por los RR.DD 1073/2002 y 1796/2003 (SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, CO, O₃).

Esta primera versión trabaja sobre ficheros de valores diarios del periodo 1995-2006, generados en formato CEAM a partir de los datos horarios recibidos del MIMAM. Dichos valores diarios pueden ser promedios diarios, mínimos y máximos diarios de promedios horarios, o mínimos y máximos diarios de promedios octohorarios.

Las representaciones gráficas de estas series de datos permiten el análisis de las pautas de evolución interanual y estacional de las concentraciones y las superaciones. Además son útiles para el reconocimiento de las medidas erróneas que en ocasiones se registran por las redes.

VisualCEAM procesa ficheros de dos tipos: ficheros compactados de misma variable en todas las estaciones automáticas de una red; y ficheros con todas las variables medias en la estación automática seleccionada. Estos ficheros deben ubicarse respectivamente en las carpetas *C:\ozono_ceam\datos\tot\compact* y *C:\ozono_ceam\datos\tot\medias*.

Se requiere la utilización de la versión Excel 97 de la hoja de cálculo, y aunque no se ha chequeado funcionará igualmente con las versiones posteriores. La velocidad de cálculo y procesado de los datos está limitada por la cantidad de memoria del sistema. Se aconseja su utilización en equipos dotados al menos de 512 Mb de RAM. Para equipos con menos memoria la velocidad de trabajo puede reducirse sensiblemente.

Entorno gráfico. Ventanas de VisualCEAM.

El entorno gráfico se compone de siete ventanas de gráficos: **TOT**, **AÑO**, **Eval**, **PROM**, **ANUAL**, **EST** y **AÑO-EST**. El tránsito entre las diferentes ventanas, y todas las funciones del programa son accesibles mediante botones de comando y listas desplegables que se sitúan en una cinta horizontal en la parte superior .

Cada ventana muestra un número limitado de gráficos (5 en la mayoría de los casos), cada uno conteniendo 10 series de datos correspondientes a las 10 estaciones que figuran en la leyenda superior. Para redes con más de 50 estaciones automáticas el resto de los gráficos se accede mediante el empleo de las teclas AvPag y RePág.

• Ventana TOT

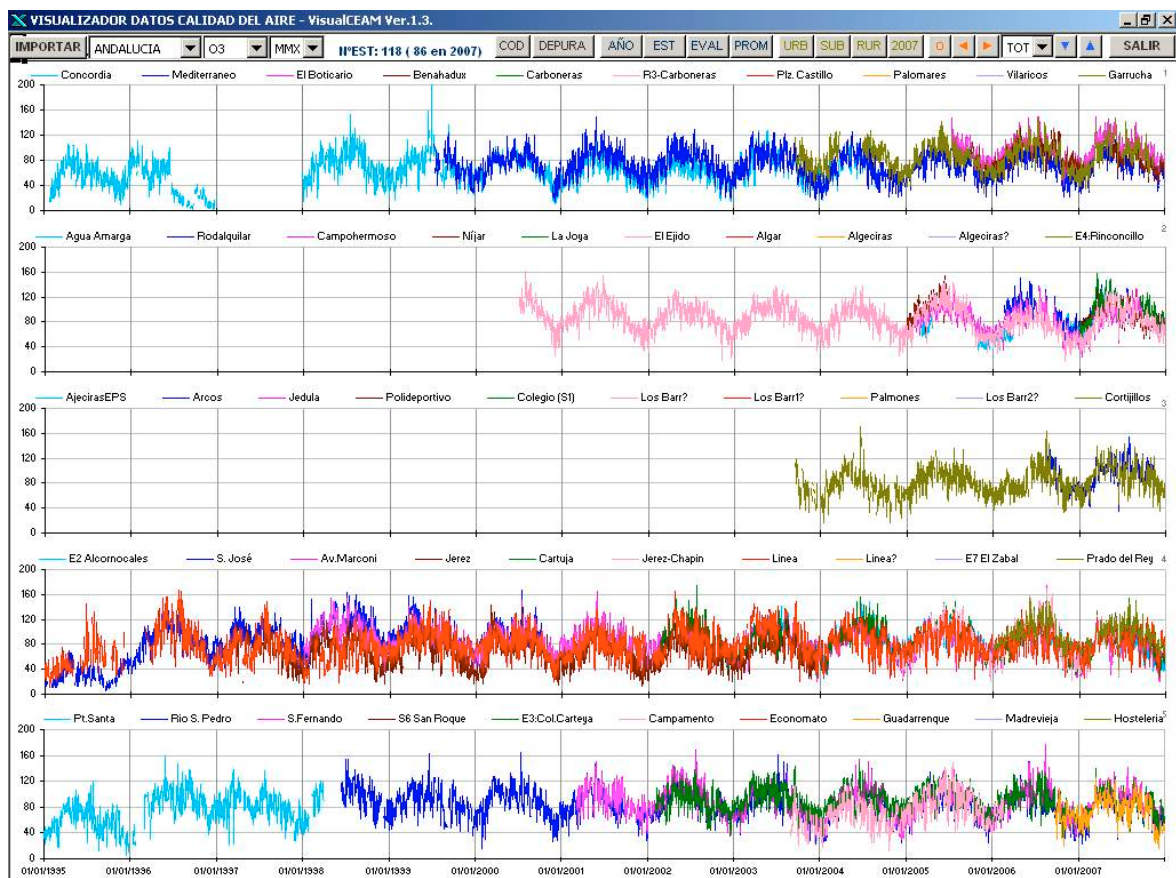
Al inicio del programa se abre la ventana **TOT** que se muestra en la figura1. En esta ventana se visualizan las series compactadas de la variable seleccionada para las estaciones de la red y el promedio también seleccionados. La selección se realiza mediante las tres listas desplegables correspondientes a estas tres opciones. Posteriormente se pulsa el botón **IMPORTAR** en el extremo izquierdo de la cinta de comandos.

Para cada cambio de red (selección de CCAA en la lista desplegable) se actualiza el texto “NºEST: XX (ACTUAL. YY)” que indica el número de estaciones en el periodo 1995-2006, y entre paréntesis el número de ellas en la actualidad (en el 2006).

El grupo de cuatro botones del centro de la cinta (**RUR, SUB, URB, 2006**) permite filtrar las series visualizadas según el tipo de estación (Rurales, Suburbanas y Urbanas) y solo las operativas en el último año disponible.

El botón **DEPURACIÓN DE DATOS** procesa el fichero con el listado de datos anulados y los elimina de todas las representaciones y de todos los cálculos de superaciones que se muestran en las diferentes ventanas. El fichero *anulados.xls* se debe ubicar en la carpeta *C:\ozono_ceam\datos*. La modificación del formato de este fichero (orden de columnas y registros en cada una de las hojas) provocará el mal funcionamiento de esta opción. En cada nueva “carga” de datos mediante el pulsado del botón **IMPORTAR** se recuperan los datos completos sin depurar. Por tanto la depuración de datos no es un proceso irreversible.

Por último el grupo de botones situados a la derecha de la cinta horizontal superior permite acceder a las ventanas EVAL, EST, AÑO y PROM.



Figural: Ventana TOT para la representación de valores diarios en el periodo 1995-2006. La cinta horizontal superior permite acceder a todas las funcionalidades. El grupo de botones y listas desplegadas de la izquierda permite seleccionar la CCAA, la variable y el promedio que queremos representar.

• Ventana AÑO

Esta ventana ofrece el mismo tipo de representación que la anterior, pero para el periodo anual seleccionado mediante los botones o la lista desplegada de la izquierda de la cinta de comandos. De esta manera se permite una observación de las series con mayor detalle (figura 2).

El grupo de botones del centro son filtros que actúan de igual forma que los equivalentes de la ventana anterior, y el botón **TOT** a la derecha nos devuelve a la ventana inicial.

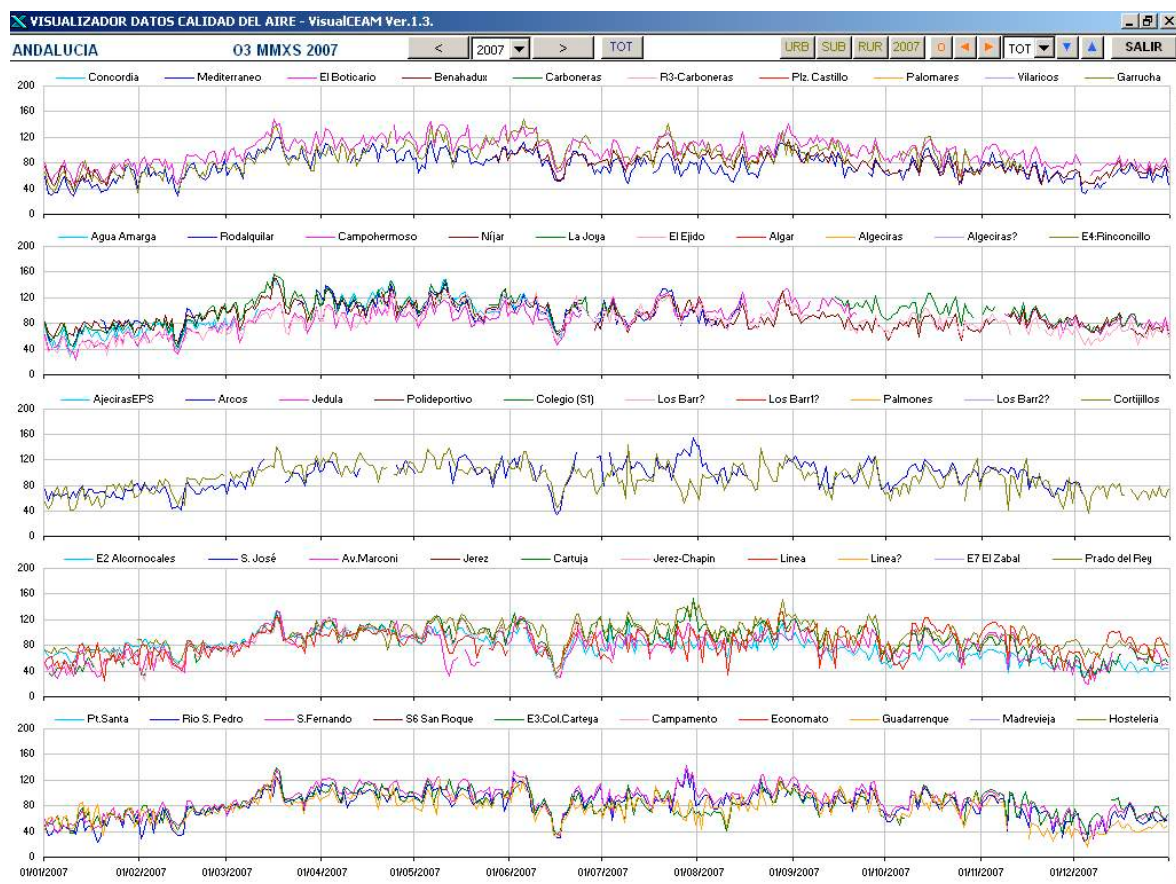


Figura2: Ventana “AÑO” para la representación de valores diarios en cada periodo anual entre 1995 y 2006.

- **Ventana EST.**

En esta ventana se representan todas las variables medidas en la estación automática y el promedio seleccionados con las listas desplegadas a la izquierda de la cinta de comandos (figura 3).

Los botones **ANT** y **SIG** permiten avanzar y retroceder por el conjunto de cabinas de la red seleccionada.

El botón **TOT** nos devuelve a la ventana inicial, y el **EST-ANO** nos lleva a la ventana del mismo nombre.

Ventana EST-AÑO.

Esta ventana ofrece el mismo tipo de representación que la anterior, pero para el periodo anual seleccionado mediante los botones o la lista desplegable de la izquierda de la cinta de comandos. De esta manera se permite una observación de las series con mayor detalle (figura 4).

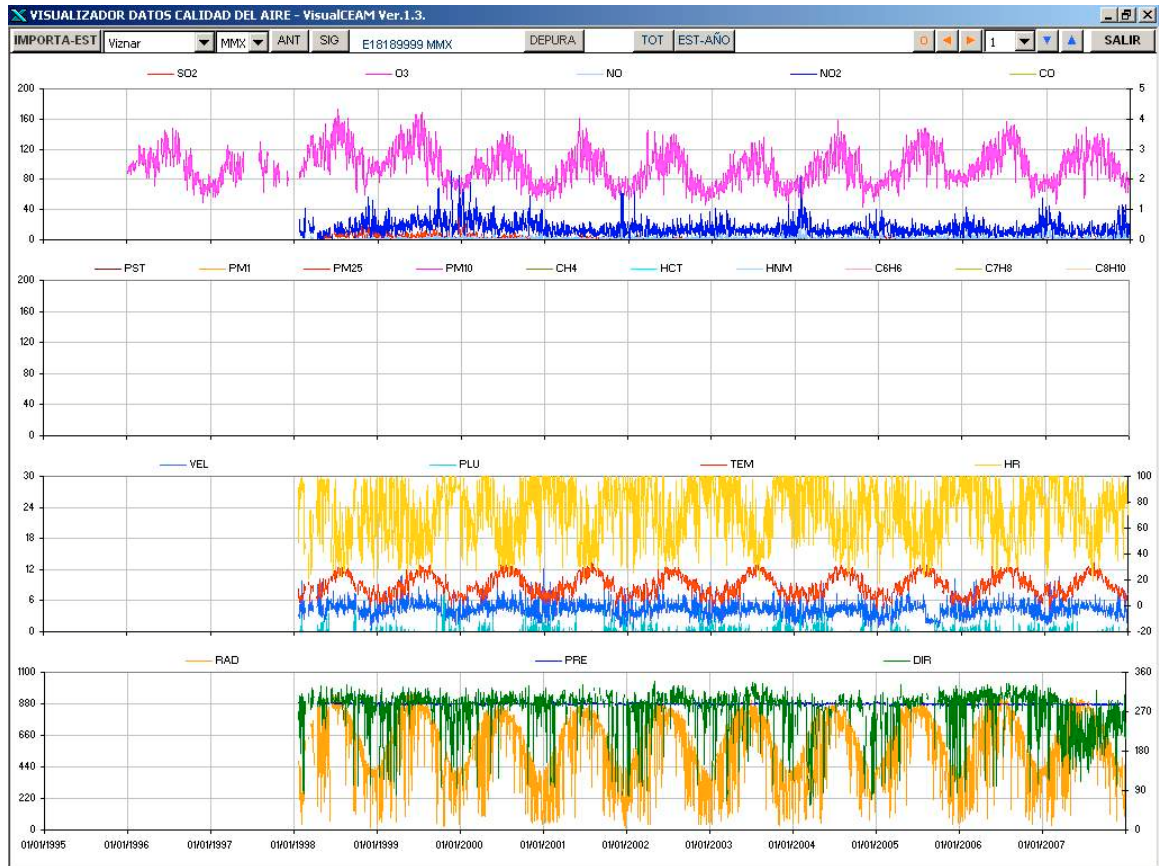


Figura 3: Ventana EST para la representación gráfica de las variables medidas en la estación automática seleccionada.

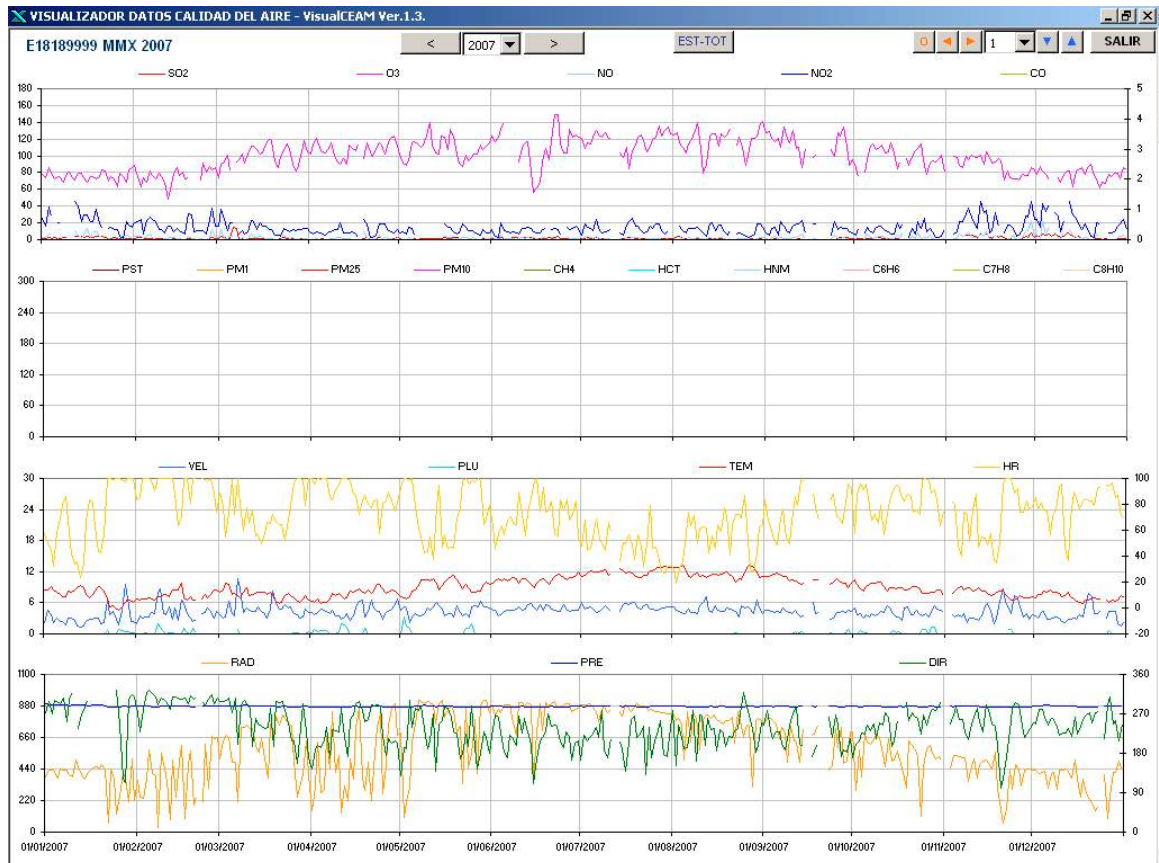


Figura 4: Ventana EST-AÑO para la representación de valores diarios en cada periodo anual entre 1995 y 2006.

• **Ventana EVAL.**

En esta ventana se representa en forma de gráficos de barras el número de superaciones del valor legal de referencia definido para la variable y el promedio temporal seleccionados. En la parte superior de la primera línea de gráficos se indica el valor legal correspondiente en cada caso.

Se calculan las superaciones de valores límite, umbrales de evaluación, y umbrales de alerta para SO₂, NO_x, CO, PM₁₀, y superaciones de valor objetivo, umbral de información y umbral de alerta en el caso del ozono. Además para el ozono junto con las superaciones del valor objetivo (120 µg/m³ para el promedio octohorario) en la columna de gráficos del centro se representan los porcentajes de cobertura de cada estación automática.

El botón **COB_MIN (83 %)** filtra los datos para estaciones con una cobertura superior a esta cantidad, y el botón **COB_MIN 0%** recalcula las superaciones sin tener en cuenta esta condición.

Los botones **URB**, **SUB**, **RUR**, y **2006** tienen la misma función que en el resto de ventanas, y los dos botones **TOT** y **ANUAL** posibilitan el acceso a las ventanas correspondientes.

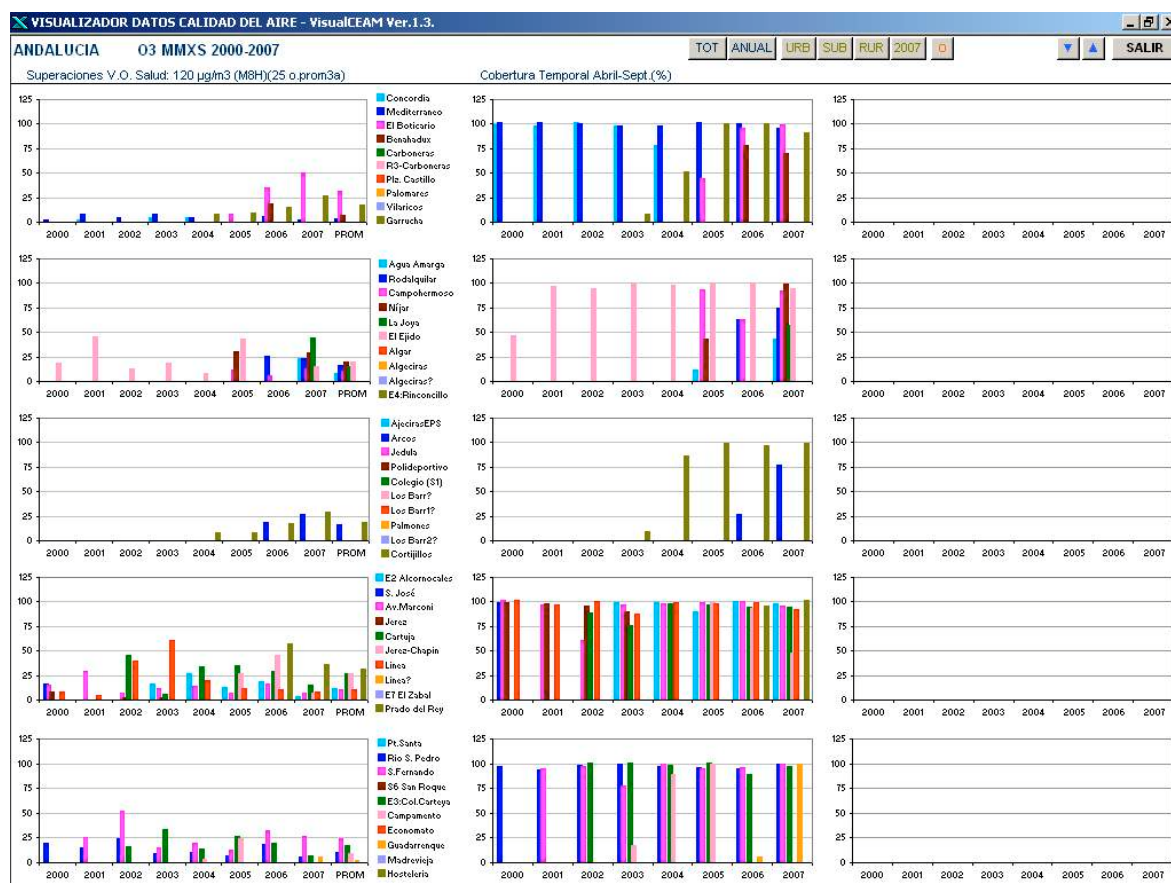


Figura 5: En la ventana EVAL se representan en gráficos de barras el número de superaciones del valor legal de referencia definido para la variable y el promedio temporal de los datos importados en la ventana TOT.

- **Ventana PROM.**

En esta ventana se muestran dos tipos de representación: (i) las series de promedios mensuales generadas a partir de las series de valores diarios importados (figura 6), y (ii) los ciclos anuales promedio para los mismos valores (figura 7).

La primera equivale a la suavización de las series que se muestran en la ventana inicial TOT, y permite apreciar mejor las variaciones interanuales además de diferenciarse mejor las series entre sí (por contra no permite apreciar las fechas de las superaciones u otros valores diarios concretos).

Y la segunda muestra ciclos anuales de valores diarios, cada uno resultado del promedio de los valores correspondientes del mismo día en todos los años disponibles. Esta representación permite analizar la coherencia entre las estaciones de una red (la forma del ciclo no debe variar sustancialmente dentro de cada red).

Ambas representaciones se alternan con el botón **MES-DIA** de la cinta de comandos.

El grupo de cuatro botones del centro de la cinta (**RUR, SUB, URB, 2006**) permite filtrar las series visualizadas según el tipo de estación (Rurales, Suburbanas y Urbanas) y solo las operativas en el último año disponible.

Y el botón **ACT** permite recalcular las series para el porcentaje mínimos en la cobertura temporal seleccionado con la lista desplegable situada a su izquierda. En la representación de promedios mensuales equivale a la exigencia del número mínimo de días por mes, y en la representación el ciclo anual equivale a la exigencia del número mínimo de años en que se dispone de datos para cada día.

Por ultimo, los botones PROM y TOT permiten el cambio a las ventanas correspondientes.

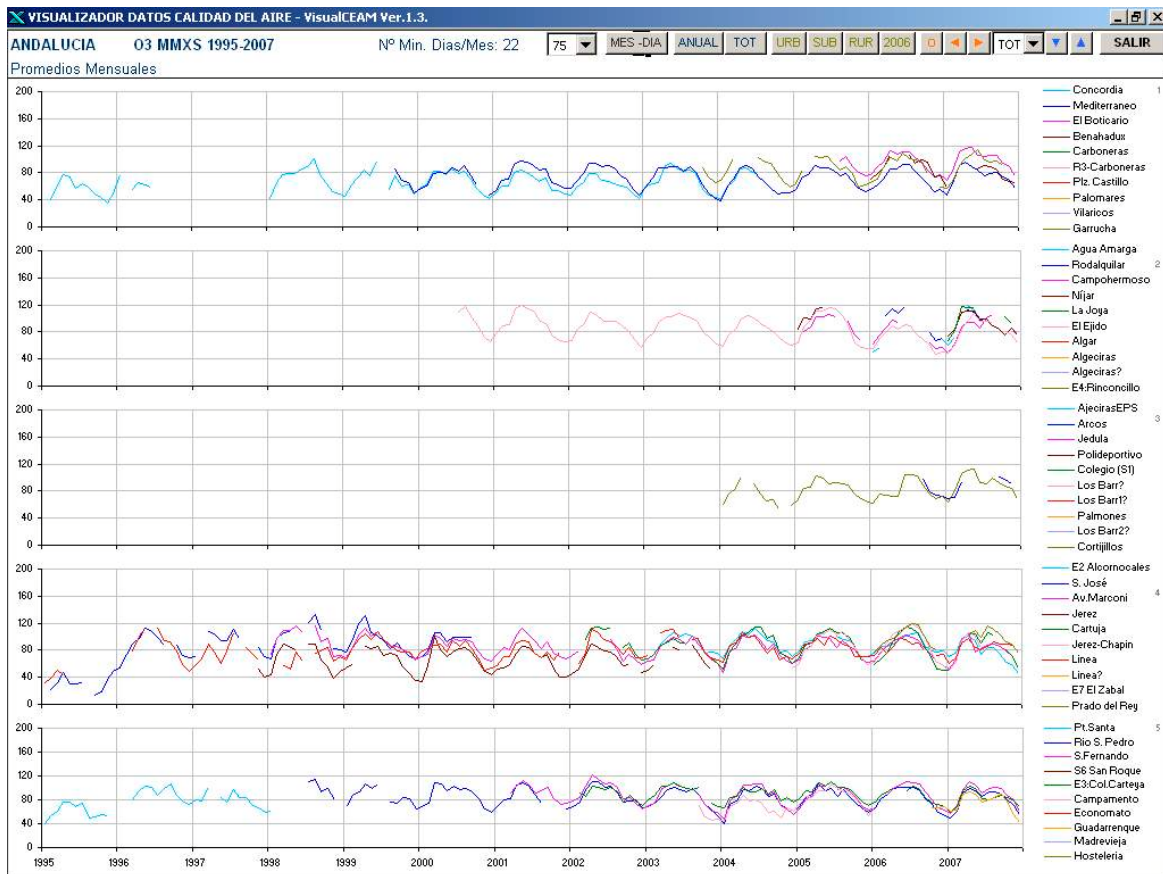


Figura 6: Ventana PROM en modo de promedios mensuales

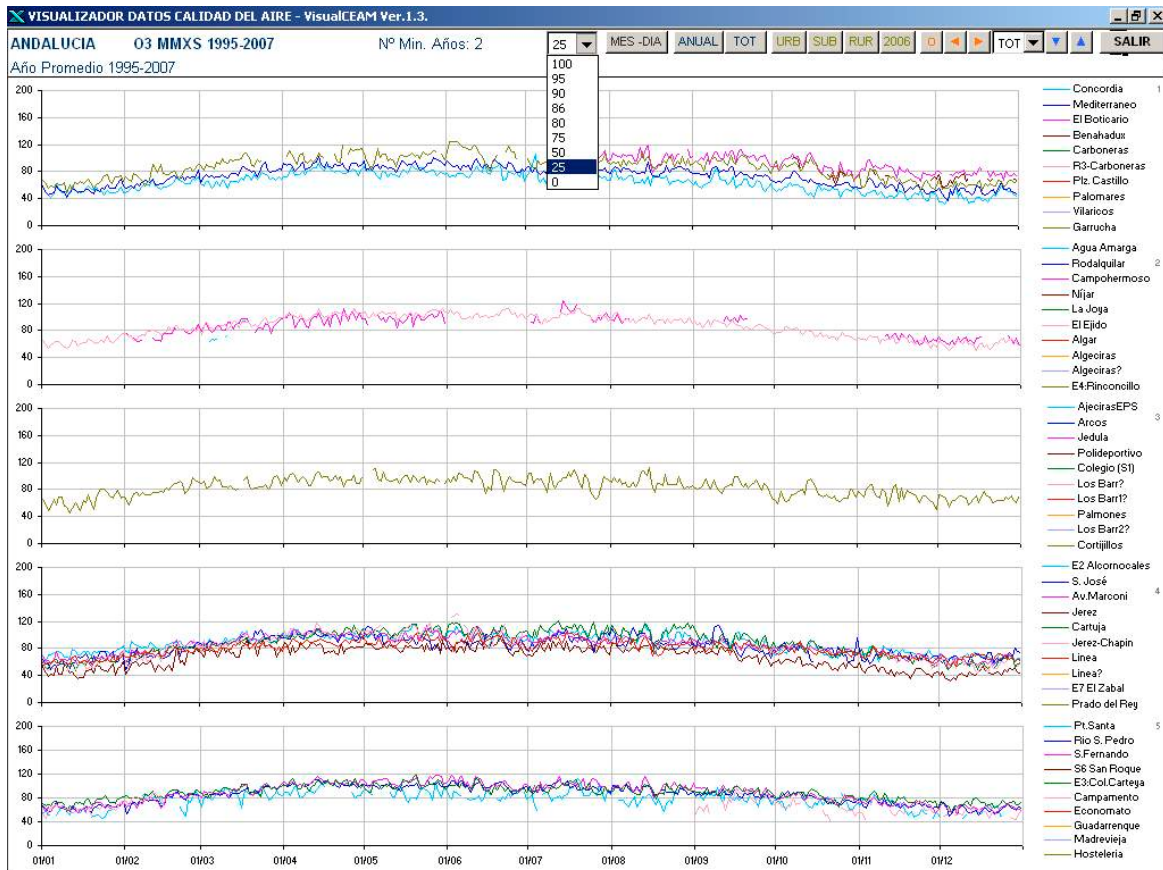


Figura 7: Ventana PROM en modo de año promedio

• **Ventana ANUAL**

La ventana ANUAL contiene gráficos de las series de promedios anuales entre 1995 y 2007. Esta representación permite una primera aproximación al examen de posibles tendencia y de la homogeneidad de las redes.

La lista desplegable con las tres opciones P-V, O-I, y AÑO permite filtrar el promedio solo para los meses de Primavera-Verano (Abril a Septiembre), solo para los de Otoño-Invierno (Octubre a Marzo), o recuperar el promedio del año completo.

Los tres botones de comando URB, SUB, y RUR ejecutan el mismo filtro que en el resto de las ventanas. Y el botón ACT permite recalcular las series para el porcentaje mínimo en la cobertura temporal seleccionado con la lista desplegable situada a su izquierda. Por último, los dos botones PROM y EVAL nos conducen a las ventanas correspondientes.

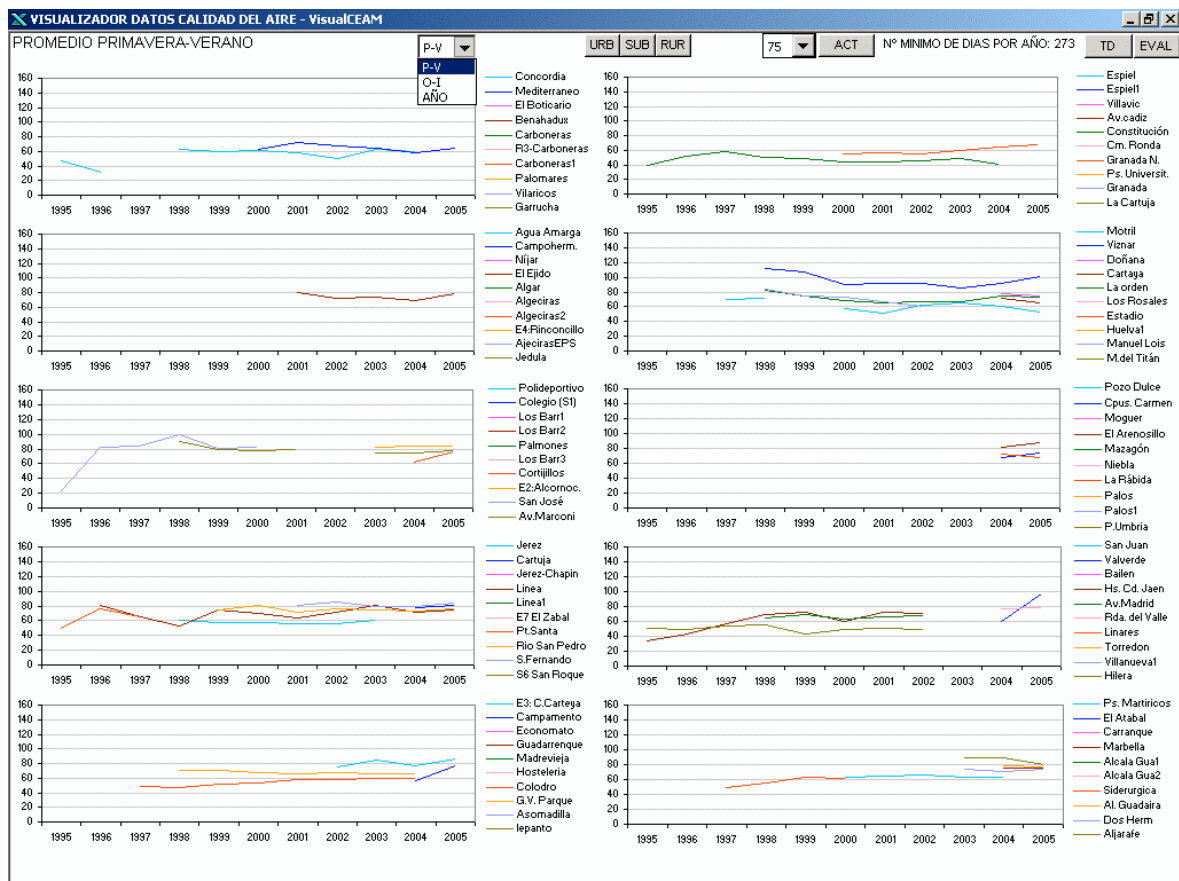


Figura 8: Ventana ANUAL. Se muestran 10 gráficos con 1000 series de promedios anuales

ANEXO 2.

Jornadas Validación y Tratamiento de Datos y Evaluación de la calidad del aire.

- Resumen de actividades.
- Programa de las Jornadas.
- Lista de asistentes.
- Encuesta para la formación de Grupo de trabajo.
- Presentación CEAM “Validación de datos de las Redes de Calidad del aire”

- **Resumen de actividades**

Los días 20 y 21 de Noviembre de 2008 se celebraron en el Parque Tecnológico de Paterna (Valencia) las jornadas de Validación y Tratamiento de datos de las Redes de Calidad del aire, organizadas conjuntamente por el CEAM y el MMAMRM. Estas jornadas se planificaron dentro de este contrato (Tarea 10: "*Organización de una jornada sobre interpretación y validación de datos. Orientada a los gestores de redes como parte del programa de control y garantía de calidad integral de las redes. Elaboración y distribución de un documento-guia con el procedimiento de validación de datos.*"). La jornada inicialmente orientada a la validación de datos, se amplió con un segundo día dedicado al tratamiento de datos y evaluación de la calidad del aire, la primera conducida por el CEAM y la segunda por el Ministerio.



Figura 1: Cartel de las Jornadas y sala de reunión.

La asistencia de responsables de la gestión de la calidad del aire en España fue muy numerosa (51 asistentes), con representantes de todas las CCAA, (excepto Asturias, Navarra y Aragón), de los ayuntamientos de Madrid, Valladolid y Valencia, y también representantes de empresas dedicadas al mantenimiento de las redes de calidad del aire (SIRSA, Ingenieros Asesores, BSG y SICE). Al final del anexo se muestra el Programa y la tabla de asistentes a las jornadas.

La jornada del día 20 se introdujo con la charla de Millán Millán (Director Ejecutivo de la Fundación CEAM): “Recirculaciones atmosféricas en la cuenca mediterránea. Últimas evaluaciones en el contexto del cambio climático”. El contenido de esta charla introductoria está relacionado con la Tarea 16 del contrato *Actualización del documento de compilación de la evidencia científica disponible que documente las situaciones observadas*.

A continuación se presentaron los procedimientos de validación de datos implementados en las redes de calidad del aire de la Comunidad Valenciana (RACACV) y de Cataluña (XVPCA).

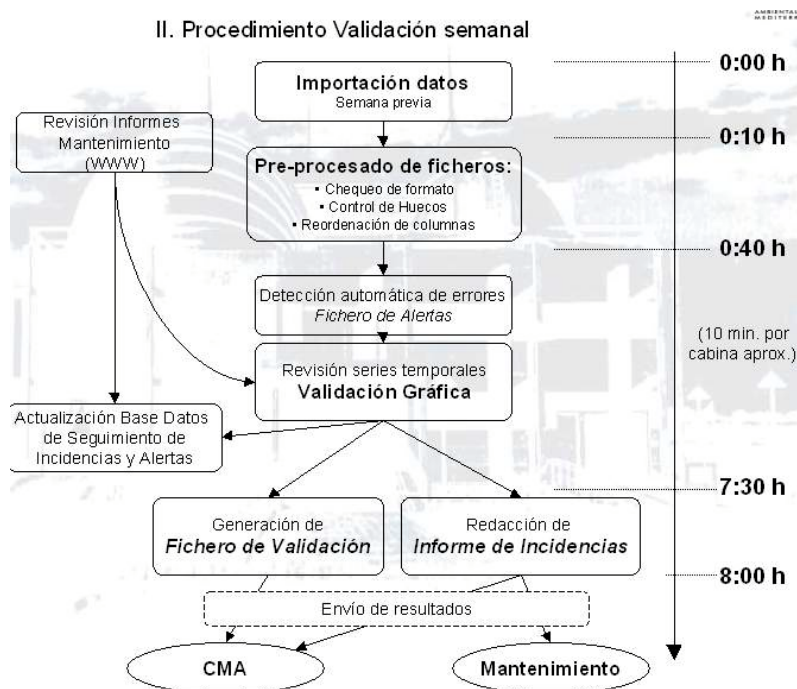


Figura 2: Esquema del Procedimiento semanal de validación de datos de la Red de Calidad del aire de la Comunidad Valenciana

En la exposición se trasladaron algunas recomendaciones relativas a la validación de datos de las redes de calidad del aire:

- El personal encargado de la validación debe ser **cualificado**, con capacidad para la interpretación de los patrones espacio-temporales mostrados por las series de datos (concentraciones + v. meteorológicas).
- Esta interpretación requiere de **herramientas específicas** (software) para la representación gráfica de las series de datos en las escalas espacio-temporales adecuadas, de forma ágil y flexible. Es recomendable que el mismo programa **permita el marcado y anulación** (sustitución del carácter de validación) de los datos que se quieren anular.
- La tarea de validación de datos debe ser **independiente** de las tareas de mantenimiento de los equipos.

Como resultado más importante de esta primera jornada se propuso, por parte de varios asistentes, y se asumió como compromiso por parte del ministerio y del CEAM, la formación de un grupo de trabajo para la elaboración de un documento-guia. El objetivo de este documento será establecer criterios unificados de validación para todas las redes de calidad del aire. De forma previa a la formación del grupo se ha elaborado y distribuido una encuesta entre los gestores de calidad del aire en España con la finalidad de configurar un grupo de trabajo y unos contenidos adecuados a sus necesidades e intereses. La encuesta (ver Anexo III) ha sido distribuida a mediados de Diciembre y en este momento ya se han empezado a recibir algunas respuestas. Se prevé que en Febrero podría celebrarse la primera reunión del grupo de trabajo.

Por otro lado, puesto que es objeto de este grupo elaborar dicho documento-guia, se ha decidido suspender la distribución del documento elaborado por el CEAM con la descripción del procedimiento y los criterios aplicados en la RAVCACV (desarrollado y aplicado por el propio CEAM en base al convenio con la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana desde 1996)

- Convocatoria y Programa de las Jornadas



ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR
OZONO TROPOSFÉRICO EN ESPAÑA



Jornadas:
Validación de datos de las Redes Automáticas de Vigilancia
y
Tratamiento de datos y evaluación de la calidad del aire

Valencia, 20-21 Noviembre 2008

En todo proceso de producción para el que se implementa un Sistema de Control y Garantía de Calidad el control del producto final, además del de las etapas intermedias, es siempre una parte fundamental. Las redes automáticas de vigilancia de la calidad del aire proporcionan como producto último medidas de concentración y de variables meteorológicas. Para estas redes, además de un mantenimiento rutinario, que incluye la revisión del buen estado de todos los componentes y la calibración de los equipos, es también importante la revisión y validación de las medidas registradas. El objetivo debe ser identificar y anular medidas erróneas no filtradas por el sistema automático, antes de que éstas sean empleadas para la evaluación de la calidad del aire, la validación de resultados de la modelización, o para cualquier otro ejercicio que requiera la interpretación de los datos (p.e. el análisis de la dinámica de contaminantes y de episodios de contaminación).

Además cuando la revisión de los datos se hace con una frecuencia semanal o mayor (p.e diaria), las incidencias observadas pueden ser transmitidas a los responsables del mantenimiento, para resolver las averías o fallos que las están provocando, y evitar de este modo que la captura de datos no válidos se extienda innecesariamente. Este aspecto es especialmente importante teniendo en cuenta que la legislación (2008/50/CE) establece requisitos exigentes en cuanto a la cobertura temporal mínima de las medidas.

La tarea de validación requiere personal con capacidad para la interpretación de las series espacio-temporales que estas redes proporcionan y el uso de herramientas de software adecuadas para ello. En la Comunidad Valenciana la revisión/validación de los datos es llevada a cabo por personal experto del CEAM, de forma coordinada con los técnicos de la Consejería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, y con los técnicos de mantenimiento de la red. Este esquema, en el que los datos son validados por personal independiente al que realiza el mantenimiento, fue el recomendado por el grupo de trabajo “Grupo Control y garantía de calidad en las redes de vigilancia de calidad del aire” en el V Seminario de Calidad del Aire en España.

En el contexto del contrato “Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España”, para la optimización de las herramientas de evaluación de la calidad del aire en relación con el ozono troposférico, el CEAM organiza en colaboración con el ministerio de Medio Ambiente, unas jornadas dedicadas a la validación y el tratamiento de los datos de calidad del aire en España. Estas jornadas están orientadas a los gestores de la calidad del aire, y pretenden contribuir a extender la aplicación de procedimientos optimizados y homogéneos para la validación de los datos de las redes automáticas de vigilancia de la calidad del aire.

En la primera jornada se mostrará el procedimiento de validación aplicado a los datos de la Red Automática de Vigilancia de la calidad del aire de la Comunidad Valenciana, y también otros procedimientos aplicados en otras comunidades, y se debatirá sobre las posibilidades de mejora de la situación actual en esta materia. Como continuación natural de esta primera jornada hemos considerado interesante abarcar todo el proceso que es la evaluación de la calidad del aire en todo el territorio nacional tal y como se define en la legislación. Por tanto va a haber una segunda jornada dedicada al tratamiento y agregación de datos de medición para la obtención en primer lugar de los estadísticos y superación de los valores límite y/o objetivos de una manera armonizada y finalmente la realización de la evaluación de la calidad del aire con ayuda de otras herramienta como la modelización y finalmente la transmisión de esta evaluación a través del denominado cuestionario de Calidad del aire.

LUGAR DE CELEBRACIÓN:

Debido a la limitada capacidad de la sala de reuniones del CEAM el lugar de celebración de las jornadas se ha trasladado al Centro de Tecnologías Limpias (CTL). Este centro se encuentra también en el Parque Tecnológico de Paterna y muy cercano al CEAM (5-10 min a pie).

Edificio CTL. Ronda Isaac Peral y Caballero,5. Parque Tecnológico de Paterna (Valencia).
(ver mapas de localización y acceso al final).

Hoteles en el Parque Tecnológico.

HUSA MAS CAMARENA **** C/ Nicolas Copérnico, 2 PARQUE TECNOLÓGICO 46980 Paterna (VALENCIA) http://www.husa.es mascamarena@husa.es Phone: +34/963 110 950 Fax: +34/963 110 999	POSADAS DE ESPAÑA*** C/Leonardo Da Vinci PARQUE TECNOLÓGICO 46980 Paterna (VALENCIA) http://www.posadasdeespana.com hotelpaterna@posadasdeespana.com Phone: +34/961 366 121 Fax: +34/961 318 004
---	---

Más información sobre accesos y hoteles en Valencia: www.ceam.es

PROGRAMA

Jueves 20/11/2008

Validación de datos de las Redes Automáticas de Vigilancia

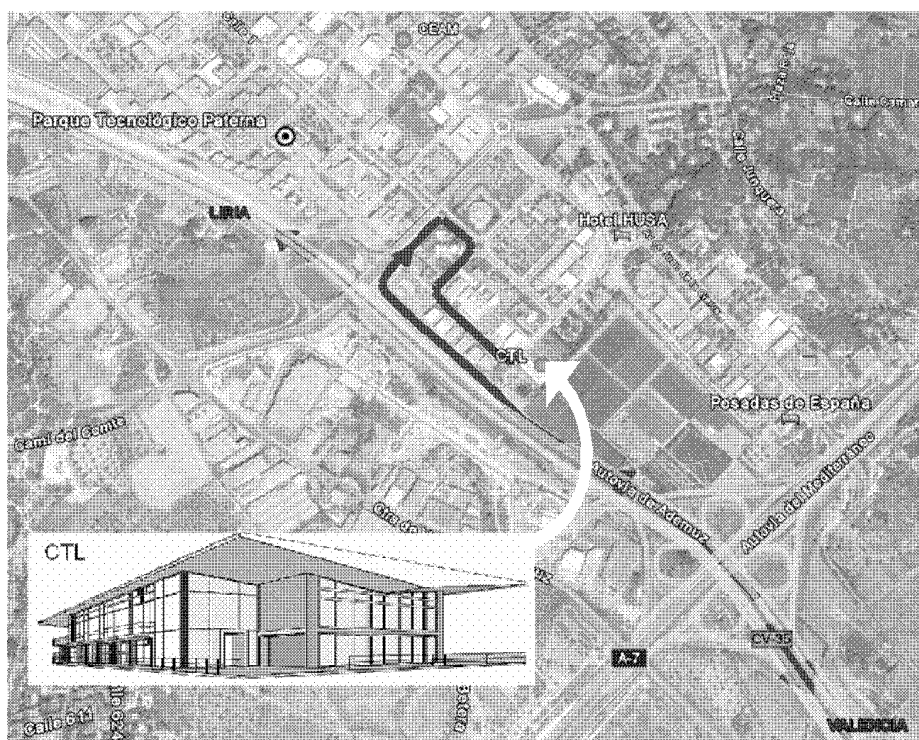
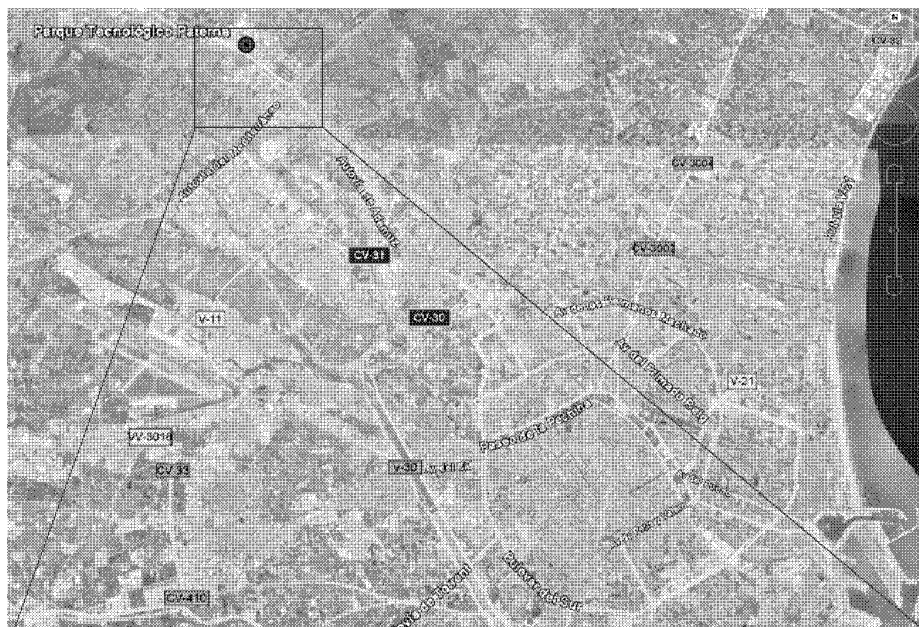
- 10:00 – 10:15 Presentación.
- 10:15 – 10:45 Charla Previa: Recirculaciones atmosféricas en la cuenca mediterránea. Últimas evaluaciones en el contexto del cambio climático. (Millán Millán. CEAM)
- 10:45 – 11:30 Procedimiento de Validación de datos de la Red automática de calidad del aire de la Comunidad Valenciana. Demostración de la Metodología y Herramientas utilizadas. (J.Jaime Diéguez. CEAM)
- 11:30 – 11:45 Pausa-Café.
- 11:45 – 12:15 Procedimiento de Validación de datos de la Red de calidad del aire de Cataluña. (David Pallés, Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Cataluña) .
- 12:15 - 14:00 Discusión y debate.
- 14:00 - 16:00 Comida.
- 16:00 - 17:00 Visita a instalaciones del CEAM.

Viernes 21/11/2008

Tratamiento de datos y evaluación de la calidad del aire

- 09:30 - 10:00 Hacia un tratamiento armonizado de los datos de calidad del aire. (MARM).
- 10:00 - 10:30 Discusión y debate.
- 10:30 - 11:30 Evaluación de la calidad del aire a partir de datos de medición. (MARM).
Cumplimiento del cuestionario de calidad del aire de acuerdo a la DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 29 de abril de 2004 relativa al cuestionario que debe utilizarse para presentar información anual sobre la evaluación de la calidad del aire ambiente de conformidad con las Directivas 96/62/CE y 1999/30/CE del Consejo y con las Directivas 2000/69/CE y 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
- 11:30 -11:45 Pausa - café
- 11:45 -13:30 Discusión y debate.

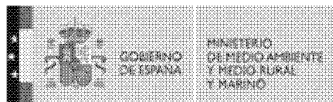
Localización y Acceso:



- **Lista de asistentes**

	COM.AUT. / AYUNT.	NOMBRE	ORGANÍSMO/EMPRESA
1	ANDALUCIA	Patricia Cortes Moreno	EGMASA. CMA. Junta Andalucía
2	AY. MADRID	Antonio Plaza de Diego	Dep. Calidad del Aire
3	AY. MADRID	Alfonso García del Pino	Dep. Calidad del Aire
4	AY. MADRID	Angeles Cristóbal	Dep. Calidad del Aire
5	AY. MADRID	Mª José Alvarez	SICE Del. Madrid
6	AY. VALENCIA	J. Luis Pisón Garcés	Serv. Calidad del Aire
7	AY. VALENCIA	Amparo Cantó Mirapeix	Serv. Calidad del Aire
8	AY. VALENCIA	Julia Chirivella Flores	Serv. Calidad del Aire
9	AY. VALLADOLID	Beatriz de Torre	Ing Asesores. Del. Cast-Leon
10	AY. VALLADOLID	José Carlos García	Serv. Medio Ambiente
11	AY. VALLADOLID	Onofre Carlos González	Serv. Medio Ambiente
12	C.VALENCIANA	Rafael Orts Bargues	Conselleria MAAUiH G.Valenciana
13	C.VALENCIANA	Miguel Poquet Peiró	Conselleria MAAUiH G.Valenciana
14	C.VALENCIANA	Lucia Juan	Conselleria MAAUiH G.Valenciana
15	C.VALENCIANA	Mercedes Tomas	Conselleria MAAUiH G.Valenciana
16	C.VALENCIANA	José V. Miró Bayarri	Conselleria MAAUiH G.Valenciana
17	C.VALENCIANA	Francisco	BSG
18	CANTABRIA	Javier Lavin Teja	CIMA. Gob.Cantabria
19	CANTABRIA	José Ramón Lomba	CIMA. Gob.Cantabria
20	CAST-LA MANCHA	María Ortega Ruiz	
21	CAST-LA MANCHA	María Colina Lizoain	
22	CAST-LEON	Charo Colle	Ing Asesores. Del. Cast-Leon
23	CATALUÑA	David Pagés Farré	DGQA-DMH G. Catalunya
24	CATALUÑA	Helena Jiménez Rodríguez	DGQA-DMH G. Catalunya
25	EXTRAMADURA	Laura González,	SIRSA
26	EXTREMADURA	Cristina Rosales,	SIRSA
27	EXTREMADURA	Martín Bastos	Consejería IEMA Junta Extremadura
28	GALICIA	José Gil Bernabé	Conselleria MA-DS. Xunta Galicia
29	GALICIA	Núria Gallego Fernández	Conselleria MA- DS. Xunta Galicia
30	GALICIA	Benjamin González Fernández	SIRSA
31	I. BALEARES	José Carlos Cerro Garrido	Conselleria MA. Gob. Baleares
32	I. BALEARES	Paula M. Elias Mir	Conselleria MA. Gob. Baleares
33	I. CANARIAS	Alberto M. Blasco Lorenzo	Consejería MayOT Gob. Canarias
34	LA RIOJA	Mª Angeles Roldan	Consejería T-MA-PT Gob. La Rioja
35	MADRID	Mª Luz Pérez Labrador	Ing Asesores
36	MADRID	Cristina López Salinas	Ing Asesores
37	MADRID	Enrique A. Hermosilla Arroyo	Consejería MAVyTO Com. Madrid
38	MADRID	Irene Aguiló Vidal	Consejería MAVyTO Com. Madrid
39	MURCIA	Juan C. Casado Guijarro	Consejería DS-OT Reg.Murcia
40	MURCIA	Virginia de Haro Tirado	Consejería DS-OT Reg.Murcia
41	MURCIA	Raquel Martínez Rodríguez	Consejería DS-OT Reg.Murcia
42	PAIS VASCO	Marivi Albizu	Dep. MA-OT Gob. Vasco
43	PAIS VASCO	Unai Zeberio Mendizabal	Dep. MA-OT Gob. Vasco
44	ORGANIZ.	María Pallarés	SGCAMA-I- MMAMRyM
45	ORGANIZ.	Santiago Jiménez	SGCAMA-I- MMAMRyM
46	ORGANIZ.	Alberto Gonzalez	SGCAMA-I- MMAMRyM
47	ORGANIZ.	Rebeca Javato Martín	SGCAMA-I- MMAMRyM
48	ORGANIZ.	Francisco Reina Velázquez	SGCAMA-I- MMAMRyM
49	ORGANIZ.	Millán Millán	Fundación CEAM
50	ORGANIZ.	Laura Padilla	Fundación CEAM
51	ORGANIZ.	José Jaime Diéguez	Fundación CEAM

• **Encuesta para la formación de un grupo de trabajo sobre validación:**



ENCUESTA PARA LA PREPARACIÓN DE UN GRUPO DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DE UN DOCUMENTO-GUIA SOBRE VALIDACIÓN DE DATOS DE REDES AUTOMÁTICAS.

Este cuestionario tiene la finalidad de configurar un grupo de trabajo y unos contenidos adecuados a las necesidades e intereses de los gestores de redes de calidad del aire en España. Este grupo se crea a partir de la propuesta surgida en las Jornadas de Validación y Tratamiento de datos de las Redes Automáticas de Calidad del Aire en España, Valencia 20-21 Noviembre de 2008

Datos:

- Organismo (CA / AYTO.):.....
- Persona(s) de contacto:.....
- Email:.....
- Teléfono:.....

Características de la Red Automática de Vigilancia de la Calidad del Aire:

- Nº de total estaciones automáticas:.....
- Subredes (públicas o privadas) integradas con la red regional:.....
-
-

Questionario:

(En cada caso marcar todas las opciones que proceda)

En relación con la situación actual de la red automática:

- Procedimiento utilizado para la revisión y validación de los datos de la red automática una vez se reciben en el centro de control.
 - Ninguno (Todos los datos recibidos en el centro de control se consideran válidos)
 - Sistema automático (sistema que anula los datos que identifica como no válidos)
 - Procedimiento aplicado por técnico/s que valora/n cada situación.
 - Hay varias subredes y el procedimiento depende de la subred de que se trate.
 - Otro:.....
- Personal encargado de la validación
 - De la propia empresa contratada para el mantenimiento de la red.
 - De la administración (del propio organismo gestor de la red)
 - Externo independiente de la empresa encargada del mantenimiento.

- Frecuencia de la validación de los datos
 - Tiempo real
 - Diaria
 - Semanal
 - Mensual
 - Otra:.....

- En el caso de procedimiento aplicado por técnico/s. Número de técnicos y dedicación
 - Uno, con dedicación exclusiva.
 - Uno, con dedicación parcial.
 - Mas de uno, alternándose en la tarea.
 - Mas de uno y al menos uno con dedicación exclusiva.
 - Otros:

- En el caso de procedimiento aplicado por técnico/s. Perfil de los técnicos encargados de la validación:
 - Técnicos sujetos a movilidad laboral y por tanto sin formación específica y sin mucha experiencia en interpretación y validación de datos.
 - Formación en física y química atmosférica.
 - Experiencia en interpretación y validación de datos.
 - Experiencia en tratamiento estadístico de los datos.
 - Otro:.....

- En el caso de procedimiento aplicado por técnico/s. Herramientas de apoyo en la validación:
 - Software para la representación gráfica y examen visual de la evolución de las concentraciones.
 - Software para cálculo de estadísticos y/o generación de alertas para la detección de valores anómalos.
 - Informes suministrados por los técnicos de mantenimiento.
 - Otras:

En relación con el grupo de trabajo:

- Estoy interesado en las conclusiones de este grupo de trabajo
- Poco interesado
 - Interesado
 - Muy interesado

Estoy interesado en participar en este grupo de trabajo

- Poco interesado / No me es posible.
- Interesado
- Muy interesado

En caso de estar interesado en participar ¿donde preferiría que tuviesen lugar las reuniones del grupo de trabajo?

- Madrid
- Valencia
- Indiferente

En caso de estar interesado en participar ¿a cuantas reuniones estima que podría asistir como máximo?

- Una
- Dos
- Las que sean necesarias.

Cual de los siguientes objetivos se ajusta más a sus intereses:

- Disponer de un procedimiento de validación consensuado, detallado y completo (frecuencias, herramientas, fases del proceso, perfil técnico encargado....)
- Disponer de criterios de validación de datos consensuados (independientemente del procedimiento).
- Disponer de un documento-guia con recomendaciones y buenas prácticas para la validación que minimice las consecuencias del cambio frecuente del personal encargado de la validación.
- Definir los requisitos para las herramientas de validación (software).
- Otros:

Otros Comentarios y observaciones:

.....
.....
.....
.....
.....
.....