



**Fundación CENTRO DE ESTUDIOS
AMBIENTALES DEL MEDITERRÁNEO
(CEAM)**

INFORME FINAL

VOLUMEN 1 DE 2

PREVIOZONO 2001

**PROGRAMA ESPECIAL DE VIGILANCIA
DEL OZONO TROPOSFÉRICO
EN LA COMUNIDAD VALENCIANA**

*Preparado para la Dirección General de Educación y Calidad Ambiental
de la Consellería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana.*

Preparado por : *Enrique Mantilla, Núria Castell, J. Jaime Diéguez, y Jose Luis Palau*

Fecha : *01/02 / 2002*

Referencia : *PREVIOZONO/2001/02*

PREVIOZONO 2001

**Programa Especial de Vigilancia del Ozono Troposférico
en la Comunidad Valenciana**



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE..... | 1 |
| 0 CONTENIDO DEL DOCUMENTO..... | 2 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO PREVIOZONO 2001..... | 4 |
| 1.2 ALCANCE Y METODOLOGÍA..... | 5 |
| 1.2.1 Personal..... | 6 |
| 1.3 RED AUTOMÁTICA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. 7 | |
| 1.4 DESCRIPCIÓN DEL MONITOR DE OZONO Y SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... | 9 |
| 2 ANÁLISIS Y RESULTADOS..... | 10 |
| 2.1 RECUPERACIÓN DATOS DE OZONO..... | 10 |
| 2.2 ESTADÍSTICA REFERIDA A LA NORMATIVA..... | 11 |
| 2.2.1 Umbral de protección a la vegetación..... | 12 |
| 2.2.2 Umbral de protección a la salud..... | 13 |
| 2.2.3 Umbrales de información y alerta a la población..... | 14 |
| 2.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA..... | 16 |
| 2.3.1 Estadística de la concentración horaria de ozono..... | 16 |
| 2.3.2 Estadística de los máximos horarios diarios de la concentración de ozono..... | 19 |
| 2.3.3 Estadística de las concentraciones medias diarias de ozono..... | 21 |
| 2.3.4 Variabilidad semanal de los niveles de ozono. Influencia del carácter urbano/rural de la estación 23 | |
| 2.3.5 Correlaciones lineales entre las estaciones de la RAVCA..... | 24 |
| 2.4 ANÁLISIS DE DÍAS CON ELEVADA CONCENTRACIÓN DE OZONO..... | 28 |
| 2.4.1 Historial de superaciones en las estaciones de la RAVCA (1999-2001)..... | 29 |
| 2.4.2 Episodio del 31 de Mayo de 2001..... | 31 |
| 2.4.3 Episodio del 20 de Junio de 2001..... | 36 |
| 2.4.4 Episodio del 2 de Julio de 2001..... | 41 |
| 2.4.5 Episodio del 28 de Julio de 2001..... | 46 |
| 2.4.6 Episodio del 2 de Agosto de 2001..... | 54 |
| 2.5 CONDICIONANTES EN LA SUPERACIÓN DEL UMBRAL DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN..... | 59 |
| 2.6 ESTUDIO MULTIVARIANTE DE LA TIPOLOGÍA DIARIA DEL OZONO..... | 62 |
| 3 CONCLUSIONES..... | 71 |
| 4 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO..... | 72 |
| 5 REFERENCIAS..... | 74 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 74 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 76 |
| LISTA DE TABLAS..... | 77 |
| ANEXO A..... | 78 |
| PLANTILLA ENVIADA AL SERVICIO DE EMERGENCIA EN CASO DE SUPERACIÓN O PREVISIÓN DE LA MISMA..... | 78 |
| ANEXO B..... | 82 |
| ESTADÍSTICOS DE LA SERIE DE CONCENTRACIÓN HORARIA DE OZONO MEDIDA DURANTE EL PERIODO DE MARZO A OCTUBRE DE 2001 EN LA RAVCA..... | 82 |

0 CONTENIDO DEL DOCUMENTO

El presente informe se ha organizado en cuatro partes bien diferenciadas en su contenido, aunque con alcances heterogéneos en cuanto al grado de desarrollo y espacio dedicado en el documento.

En el primero de los grandes bloques, incluido bajo el epígrafe de "Introducción", se presentan los aspectos principales del proyecto Previozono 2001: objetivos generales, como respuesta a las directivas que marcan su nacimiento y posterior evolución; un resumen de la metodología seguida, partiendo de la experiencia de años anteriores; y finalmente, una relación objetiva de la información utilizada en la elaboración de los informes, constituida básicamente por las estaciones pertenecientes a la Red Automática de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana, más la red de torres meteorológicas del CEAM.

En la segunda parte, dentro del apartado *Análisis y Resultados*, se analizan propiamente los datos referidos a las medidas de concentración de ozono realizadas durante el periodo de vigencia de la campaña 2001 (meses de Marzo a Octubre ambos incluidos). El contenido se agrupa a su vez en seis puntos:

- estadística de disponibilidad de medidas de ozono;
- estadística de superaciones de los umbrales legales, tanto de protección a la vegetación y a la salud, como los de información y alerta a la población, referidas al periodo de vigilancia;
- estadística descriptiva de la concentración de ozono, referida también al periodo de vigilancia (Marzo a Octubre);
- revisión y análisis de los episodios en que se produjo una superación del umbral de información a la población, teniendo en cuenta los mecanismos meteorológicos que contribuyeron a las superaciones de umbrales;
- un resumen de los condicionantes en la superación del umbral de información a la población en la Comunidad Valenciana;
- finalmente se realiza un análisis cluster de las estaciones de la RAVCA en función de la tipología del ciclo de ozono, con objeto de compendiar gran cantidad de información relativa a los procesos (meteorológicos, químicos, orográficos ...) que afectan a un determinado emplazamiento.

En la tercera parte se presentan las conclusiones del proyecto Previozono 2001, a modo de síntesis de resultados, revisión de cumplimiento de objetivos, etc.

En el cuarto apartado se apuntan las posibles líneas futuras por las que se podría conducir el programa de vigilancia de niveles de ozono troposférico en sucesivas campañas.

Para finalizar, se presentan, en el segundo volumen, los informes realizados durante la campaña de vigilancia intensiva del Previozono 2001 (Mayo a Septiembre), que diariamente se colocaron en el portal de la Consellería de Medio Ambiente para el acceso público a través de Internet (<http://www.gva.es/coma/>).

A lo largo del presente documento, las referencias legales hacen mención al *Real Decreto 1494/1995* y a la *Directiva 92/62/CEE*, que son las que durante el periodo de

vigilancia constituyeron el marco jurídico de referencia, sin menoscabo de que sea inminente una nueva normativa que en algún caso revisará profundamente algunos de los parámetros y umbrales legales de aplicación.

En todos los trabajos de cálculo se trabajó con la base de datos constituida por las medidas validadas registradas durante el periodo de vigencia del plan de vigilancia, por lo que su representatividad quedará limitada a este periodo. Se debe alertar en este sentido que las comparaciones de los resultados presentados con resúmenes estadísticos anuales procedentes de otras fuentes no necesariamente serán coincidentes o tendrá sentido efectuarlos.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de las directivas europeas sobre contaminación, y tomando como referencia concreta la Directiva Marco sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (96/62/CEE) se establece que “*Cuando se rebasen los umbrales de alerta, los Estados miembros garantizarán que se tomen las medidas necesarias para informar a la población (...)*”.

Los citados umbrales se refieren al *umbral de información a la población* y al *umbral de alerta a la población*, establecidos en $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio en una hora y $360\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio en una hora, respectivamente.

En el Real Decreto 1494/1995 de 8 de septiembre sobre contaminación atmosférica por ozono también se especifica la información mínima que habrá de comunicarse a la población en el caso de que se superasen los umbrales.

Bajo el marco normativo citado anteriormente, la Dirección General de Educación y Calidad Ambiental de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, con el soporte técnico de la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (en adelante CEAM) pusieron en marcha, el pasado año, un proyecto que diera cobertura a los requerimientos en materia de información y alerta a la población planteados por el Real Decreto 1494/1995 (Informe Previozono 2000.[6]).

1.1 *Objetivos del proyecto Previozono 2001*

Partiendo de las exigencias de las Directivas, y ante las diferentes fórmulas posibles, el presente programa de vigilancia planteó sus objetivos, de forma continuista con el desarrollado durante el año anterior, en la elaboración de un informe diario sintetizando la información relativa a:

- resumen de los valores de concentración de ozono en las 24 horas anteriores;
- diagnóstico de la situación general ocurrida con relación a los niveles de concentración registrados;

En el marco de este informe, es uno de los objetivos principales el informar a la población sobre los niveles de ozono previstos:

- previsión de la evolución esperable de las concentraciones para la siguiente jornada (con las correspondientes recomendaciones en caso de superación o previsión);

La responsabilidad de la elaboración del informe, con una fuerte componente cualitativa e interpretativa, recayó en la vigilancia permanente de un grupo de expertos, más que en la disponibilidad de herramientas automatizadas para tal fin.

Respecto a la cuestión de la difusión a la población de la información elaborada se optó por la red de Internet, en su forma "world wide web", donde diariamente se actualizaba en el servidor de la Consellería de Medio Ambiente durante el periodo de vigilancia una página con toda la información antes mencionada. Aunque no se llevó a cabo durante el pasado ejercicio, el formato de presentación de la información contenía, junto a partes más extensas en las que se procuraba proporcionar una cierta interpretación de los procesos ocurridos, otras con información más breve y concisa,

con la previsión de que en un momento dado pudiese ser circulada a través de los medios de comunicación convencionales (preferentemente prensa y radio).

Otro de los objetivos, que se lleva paralelamente a la información a la población, y que forma parte del contenido del presente informe, es la profundización en la caracterización de la contaminación por ozono en la Comunidad Valenciana. Hay que tener en cuenta que, dadas las complejas interrelaciones entre la dinámica del ozono y factores tales como la orografía, la dinámica atmosférica, los usos de suelo y las emisiones, cualquier estrategia de reducción de los niveles deberá tener en cuenta cómo funcionan los diferentes procesos, fuertemente interrelacionados, a fin de poder adoptar medidas eficaces (Informe Zonificación. [2]). Por otro lado, el desarrollo de modelos de predicción tanto a largo como a corto plazo, requieren de un conocimiento detallado sobre el comportamiento del ozono en la zona donde vaya a realizarse la simulación.

1.2 Alcance y Metodología

Los factores que intervienen en la formación de ozono en superficie son múltiples, haciendo del problema de la predicción de los niveles de ozono un campo complejo. Pero los efectos que estas elevadas concentraciones pueden tener sobre la población hacen necesario el desarrollo de planes para la información y prevención.

La campaña de vigilancia del Previozono 2001 cubre los meses de Marzo a Octubre, ambos incluidos, sobre una base de trabajo diaria, como se comentó con anterioridad.

En el presente proyecto se introduce la división del periodo de vigilancia en dos subperiodos, uno que cubre el intervalo central, Mayo a Septiembre, incluyendo la estación estival, en la que la probabilidad que se registren niveles de concentración elevados es mayor, y otro que comprende los meses periféricos de Marzo, Abril y Octubre, donde las posibilidades de que se produzcan superaciones de los niveles normativos se reducen considerablemente. Esta división se realizó teniendo en cuenta la información disponible sobre el comportamiento anual de los niveles de concentración de ozono en la Comunidad Valenciana, donde los niveles más altos se registran durante los meses de primavera-verano, ya que es durante estas estaciones en las que las condiciones meteorológicas son más favorables a la formación y acumulación de ozono troposférico (amén de la mayor intensidad de la radiación solar recibida, que estimula los procesos fotoquímicos) (Millán, *et al.* 2000).

Durante los meses de Marzo, Abril y Octubre, se vigilan los niveles de ozono, en caso de que no haya ninguna superación, se coloca una página diaria en Internet en la que se informa de que no se han producido superaciones durante la jornada de vigilancia. En el caso en que se produjera alguna superación, o se previera la posibilidad, se seguiría el mismo plan de trabajo que en los meses centrales.

Durante el periodo de Mayo a Septiembre, se sigue un plan de trabajo similar al seguido durante el proyecto Previozono 2000. En la Figura 1 se presenta un planograma que resume dicho esquema de trabajo. En el Informe Previozono 2000 [6] se encuentra una explicación más detallada de cada uno de los puntos, así como una descripción del software utilizado.

El resultado final, de cara a la población, es una página web ubicada en el servidor de la Consellería de Medio Ambiente, donde diariamente se actualiza un Informe con la siguiente información, a saber:

- Los datos de los promedios de 24 horas (de 18 h a 18 h UTC) y de los máximos de los promedios horarios entre las 00 h y las 18 h UTC, para cada una de las estaciones de la Red, sobre un mapa de la RAVCA.
- Un análisis de lo acontecido en el periodo de vigilancia anterior, tanto en el aspecto de la evolución de los niveles de ozono, como en el aspecto meteorológico.
- Un mapa sinóptico con la predicción de la situación prevista a las 12 h UTC, según el modelo HIRLAM del servicio meteorológico holandés.
- La predicción de la evolución cualitativa de los niveles de ozono y de la situación meteorológica, para la ventana de vigilancia de la jornada siguiente.
- Una síntesis, breve y concreta, incluyendo los aspectos más relevantes de la predicción.
- Las recomendaciones recogidas en el Real Decreto 1494/1995, en el caso de que se prevea la superación del umbral de información a la población.

En el caso en que se produzca una superación alguno de los umbrales legales, o previsión de superación de los mismos, además de reflejarlo en el Informe se redacta una información complementaria, cuya plantilla se adjunta en el Anexo A. Esta información complementaria está preparada para su envío por correo electrónico a la Sala de Emergencias de la Comunidad Valenciana.

1.2.1 Personal

La responsabilidad de la vigilancia del comportamiento de los niveles de ozono y la elaboración del parte diario durante la vigencia del Programa de Vigilancia Previozono 2001 recayó en el personal del CEAM:

Núria Castell Balaguer;

José Jaime Diéguez Rodríguez;

Enrique Mantilla Iglesias y

José Luis Palau Aloy.

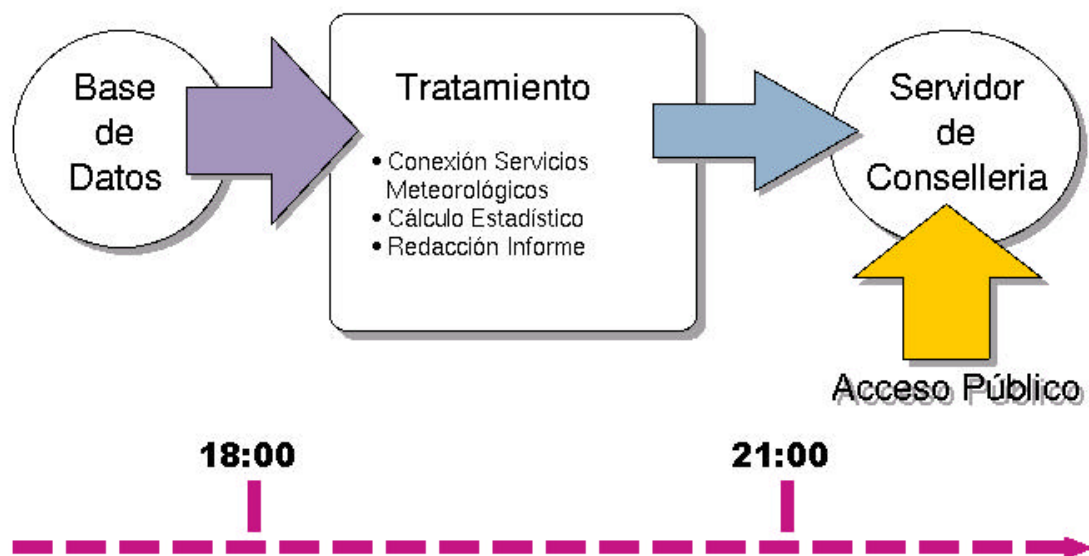


Figura 1 Diagrama del proceso operativo seguido en la elaboración del informe diario y posterior ubicación en Internet para el acceso público. Las horas representan respectivamente el momento aproximado de descarga de los datos y el de la actualización de la información en el servidor de Conselleria. El cálculo estadístico se realiza a partir de las medidas validadas.

1.3 Red Automática de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana

La medida y adquisición de las concentraciones de ozono, entre otros contaminantes y variables meteorológicas, se lleva a cabo mediante la Red Automática de Vigilancia de la Calidad del Aire (en adelante RAVCA). Esta Red es propiedad de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, y desde el año 1996 la Fundación CEAM viene colaborando con ella en tareas de gestión y explotación de la base de datos.

La distribución de las estaciones de la Red de Vigilancia tuvo inicialmente un enfoque principalmente sanitario, por lo que un gran número de emplazamientos se sitúan dentro de los principales núcleos de población, de forma que se registraban directamente los niveles de contaminantes a los que se encontraba expuesta esta población. Con el tiempo, las necesidades de explotación de las medidas han ido sugiriendo modificar en cierta medida estos criterios, de manera que los puntos de monitorización se integren dentro de un esquema general de la dinámica de contaminantes en la vertiente mediterránea. Como resultado, se planifica la ampliación de la red de medidas con emplazamientos ubicados en áreas rurales, no necesariamente núcleos de población, donde demandaba el interés por tratarse de zonas de transporte preferente de las masas aéreas contaminadas, etc. (Informe Emplazamientos. [3])

Durante el periodo de vigilancia, se recurrió a la información aportada por la red de torres de la Fundación CEAM, debido a la falta de datos meteorológicos, principalmente las comarcas del interior de la provincia de Valencia y la provincia de Alicante. Estas torres están instrumentadas con sensores de velocidad y dirección de viento, temperatura, etc.

En la Figura 2 se presenta la actual localización de las estaciones de la RAVCA, se incluye también la posición de las torres meteorológicas de la Fundación CEAM, que se han utilizado en el proceso de elaboración del Informe. En la Tabla 1 se muestran los sensores de los que consta cada una de las estaciones.

La RAVCA cuenta actualmente con 30 estaciones automáticas fijas, más una estación móvil. Durante el año 2001 se ha dado de alta una nueva estación situada en la ciudad de Castellón, instrumentada también con un monitor de ozono, y de carácter fundamentalmente urbano. Ninguna de las estaciones fijas ha sido dada de baja durante este año, aunque la estación de Sant Antoni no estuvo operativa durante ningún periodo del pasado año.

Tabla 1 Sensores en funcionamiento en cada una de las estaciones de la RAVCA.

| Emplazamiento (Cabina) | Sensores |
|-------------------------------|--|
| Corachar | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, meteo |
| Morella | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, meteo |
| Vallibona | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , meteo |
| Vilafranca | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, meteo |
| Sorita | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM1, PM2, PM10, meteo |
| Sant Jordi | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM1, PM2, PM10, meteo |
| Mas Gran | SO ₂ |
| Penyeta | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, meteo |
| Onda | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, meteo |
| Grao de Castellón | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, meteo |
| Ermita | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, meteo |
| Sagunt | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Port Sagunt | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, CH ₄ , HNM, HCT, meteo |
| Burjassot | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , PST, CO, meteo |
| Paterna | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Quart de Poblet | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Gran Vía (Valencia) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Linares (Valencia) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Nuevo Centro (Valencia) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Aragón (Valencia) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, CH ₄ , HNM, HCT |
| Pista de Silla | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, meteo |
| Nazaret (Valencia) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM1, PM2, PM10, CO, CH ₄ , HNM, HCT, meteo |
| Gandía | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Elda | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, CH ₄ , HNM, HCT |
| Oliver | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Rosaleda (Alcoi) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Renfe (Alicante) | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| Sant Antoni | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, meteo |
| Elx | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO |
| La Foia | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, meteo |
| Castellón | SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PST, CO, BTX, meteo |

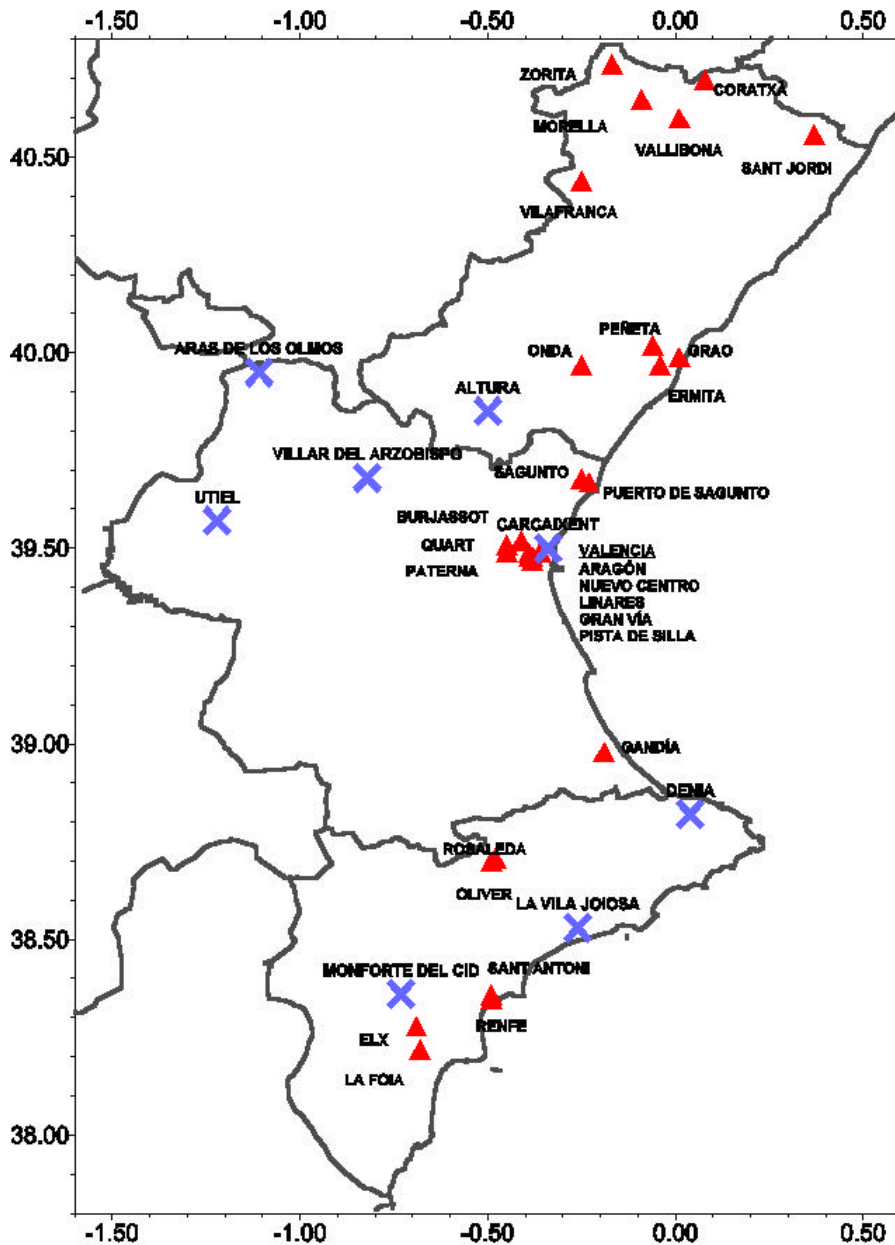


Figura 2 Ubicación de las estaciones de la RAVCA (▲) y de las Torres Meteorológicas del CEAM (X)

1.4 Descripción del monitor de ozono y sistema de adquisición de datos

El modelo utilizado en la totalidad de las estaciones de la RAVCA es el DASIBI 1008-RS. Las medidas se realizan en continuo, de acuerdo a la tecnología estándar de absorción ultravioleta, que sigue los criterios establecidos por la U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) y por la ISO 13964 (1998). La precisión del aparato es de $2\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las mediciones son almacenadas por el sistema de adquisición de datos según promedios quinceminutales, a los que se exige un cubrimiento mínimo de medidas válidas, siendo esta la mayor resolución temporal a la que se puede acceder. A partir de estos promedios se calculan los restantes estadísticos de interés (medias horarias, diarias, octorarias, percentiles, etc.) de acuerdo a las diferentes necesidades.

2 ANÁLISIS Y RESULTADOS

2.1 Recuperación datos de ozono

En la Tabla 2 se muestra el porcentaje de medias horarias de concentración de ozono válidas registradas durante el periodo de vigilancia (Marzo a Octubre) para cada una de las estaciones de la RAVCA.

Tabla 2 Porcentaje de recuperación de datos horarios de ozono durante el Periodo de Vigilancia (Marzo-Octubre) 2001

| ESTACIÓN MES | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | TOTAL |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| ELDA | - | 53 | 91 | 93 | 100 | 97 | 88 | 80 | 75 |
| ELX | 72 | 100 | 46 | 0 | 0 | 5 | - | - | 28 |
| ELX2 | - | - | - | - | - | 16 | 99 | 100 | 27 |
| HOYA | 99 | 98 | 100 | 100 | 91 | 99 | 90 | 98 | 97 |
| OLIVER | 99 | 100 | 100 | 99 | 83 | 97 | 99 | 95 | 96 |
| RENFE | 100 | 100 | 100 | 100 | 64 | 94 | 99 | 100 | 94 |
| ROSALEDA | 99 | 99 | 97 | 57 | 80 | 90 | 98 | 99 | 90 |
| S.ANTONI | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| CORAXAR | 99 | 88 | 91 | 100 | 78 | 99 | 92 | 56 | 88 |
| S.JORDI | 99 | 94 | 99 | 100 | 100 | 100 | 99 | 100 | 99 |
| MORELLA | 93 | 100 | 100 | 93 | 97 | 100 | 96 | 56 | 92 |
| VALLIBONA | 99 | 99 | 98 | 99 | 99 | 96 | 98 | 83 | 97 |
| VILAFRANCA | 100 | 100 | 99 | 99 | 57 | 100 | 100 | 99 | 94 |
| SORITA | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 |
| CASTELLÓN | 0 | 0 | 3 | 99 | 99 | 99 | 100 | 99 | 62 |
| ERMITA | 100 | 99 | 83 | 99 | 100 | 97 | 99 | 100 | 97 |
| GRAO | 100 | 100 | 99 | 100 | 98 | 93 | 100 | 85 | 97 |
| ONDA | 100 | 97 | 97 | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 99 |
| PENYETA | 97 | 79 | 100 | 97 | 83 | 99 | 94 | 100 | 94 |
| G.VIA | 100 | 100 | 99 | 100 | 81 | 100 | 99 | 99 | 97 |
| LINARES | 100 | 100 | 99 | 94 | 94 | 88 | 100 | 99 | 97 |
| NAZARET | 32 | 100 | 80 | 11 | 37 | 40 | 92 | 68 | 58 |
| N.CENTRO | 99 | 100 | 95 | 100 | 100 | 71 | 100 | 99 | 95 |
| PATERNA | 99 | 100 | 99 | 99 | 100 | 96 | 83 | 87 | 95 |
| QUART | 95 | 98 | 99 | 99 | 96 | 98 | 97 | 99 | 98 |
| ARAGON | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96 | 99 | 99 | 99 |
| GANDIA | 94 | 99 | 99 | 99 | 100 | 89 | 93 | 100 | 97 |
| P.SILLA | 53 | 11 | 99 | 98 | 81 | 0 | 52 | 100 | 62 |
| P.SAGUNT | 85 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | 100 | 82 | 96 |
| SAGUNT | 100 | 100 | 100 | 99 | 99 | 100 | 100 | 100 | 98 |

Para el cálculo de las medias horarias se exige que un 75% de los datos sean válidos (es decir, que exista un mínimo de tres periodos quinceminutales para el cálculo de la media horaria).

Del contenido de la Tabla 2 se desprende que, en general, los equipos de medida de ozono tienen un rendimiento muy bueno. Sólo en meses muy concretos y en estaciones bien identificadas, que han sufrido algún tipo de avería, no se dispone de una buena cobertura de datos. Generalmente este tipo de fallos es achacable a problemas externos

y no están directamente relacionados con el funcionamiento del equipo de medida de ozono.

En este sentido, la estación de Sant Antoni ha estado de baja desde Octubre del año 2000 debido a un cambio previsto de ubicación.

La estación de Nazaret que estuvo de baja durante periodos prolongados, sólo se ha incorporado a la red en los últimos meses.

La estación urbana de Elx cambió de ubicación a lo largo del año 2001, iniciando su funcionamiento a pleno rendimiento en Septiembre de este mismo año en el nuevo emplazamiento denominado como Elx2.

Se ha incluido también en todas las estadísticas la estación de Castellón, puesta en marcha en Mayo de este año; aunque no se tomó en cuenta en la elaboración del Informe diario del Previozono 2001.

La estación móvil se instaló en Elda a principio de año.

Finalmente, las estaciones del norte de la Comunidad, y en especial la situada en Coratxà, han experimentado frecuentes problemas de telefonía, lo que se tradujo en un incremento de la pérdida de medidas.

2.2 Estadística referida a la normativa

En la introducción se citaban los niveles de referencia establecidos en el Real Decreto 1494/1995 sobre contaminación atmosférica por ozono, haciendo hincapié en los referidos al umbral de información a la población, establecido en $180\mu\text{g}/\text{m}^3$, y el umbral de alerta a la población, establecido en $360\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos dos valores son los que se han tenido en cuenta en la elaboración del Informe. No obstante, en las normativas aparecen acompañados de otros umbrales referidos tanto a la salud humana como a la vegetación. En la Tabla 3 se muestran todos los umbrales legislados relativos al ozono, recogidos en el Real Decreto.

Tabla 3. Umbrales de ozono establecidos en el Real Decreto 1494/1995

| UMBRALES DE OZONO <i>Real decreto 1494/1995</i> | |
|---|---|
| PROTECCIÓN PARA LA VEGETACIÓN | $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor medio horario) |
| | $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor medio 24h) |
| PROTECCIÓN PARA LA SALUD | $110\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor medio octohorario) |
| INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN | $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor medio horario) |
| ALERTA A LA POBLACIÓN | $360\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor medio horario) |

2.2.1 Umbral de protección a la vegetación

En lo que sigue se presentan algunas estadísticas de superación de diferentes umbrales relativos ($md > 65\mu\text{g}/\text{m}^3$) a los niveles de concentración de ozono durante el periodo de vigilancia. En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de superaciones del umbral de protección a la vegetación por mes y estación.

Tabla 4 Porcentaje de superaciones del umbral de protección a la vegetación durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA.

| ESTACIÓN | UPV MD > 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | MES | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | TOTAL |
| ELDA | | 0 | 27 | 45 | 50 | 32 | 23 | 7 | 0 | 23 |
| ELX | | 10 | 40 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| ELX2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 17 | 3 | 4 |
| HOYA | | 42 | 83 | 94 | 57 | 39 | 16 | 27 | 0 | 44 |
| OLIVER | | 48 | 73 | 90 | 90 | 77 | 90 | 30 | 3 | 63 |
| RENFE | | 19 | 60 | 84 | 63 | 29 | 26 | 53 | 13 | 43 |
| ROSALEDA | | 3 | 20 | 26 | 47 | 48 | 71 | 10 | 0 | 28 |
| S.ANTONIO | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CORACHAR | | 90 | 87 | 90 | 100 | 71 | 100 | 90 | 52 | 85 |
| S.JORDI | | 74 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 87 | 26 | 85 |
| MORELLA | | 94 | 97 | 100 | 90 | 94 | 100 | 93 | 26 | 87 |
| VALLIBONA | | 100 | 93 | 100 | 100 | 100 | 94 | 100 | 81 | 96 |
| VILAFRANCA | | 100 | 100 | 100 | 100 | 45 | 100 | 97 | 32 | 84 |
| SORITA | | 32 | 87 | 90 | 100 | 90 | 87 | 57 | 19 | 70 |
| CASTELLÓN | | 0 | 0 | 3 | 43 | 45 | 23 | 7 | 0 | 15 |
| ERMITA | | 0 | 23 | 29 | 17 | 10 | 0 | 3 | 0 | 10 |
| GRAO | | 0 | 17 | 10 | 7 | 0 | 10 | 20 | 3 | 8 |
| ONDA | | 61 | 83 | 97 | 100 | 81 | 81 | 53 | 16 | 71 |
| PENYETA | | 42 | 70 | 100 | 97 | 48 | 65 | 43 | 29 | 62 |
| G.VIA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LINARES | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NAZARET | | 3 | 13 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| N.CENTRO | | 3 | 17 | 13 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| PATERNA | | 16 | 37 | 42 | 47 | 26 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| QUART | | 3 | 17 | 29 | 10 | 13 | 3 | 0 | 0 | 9 |
| ARAGON | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GANDIA | | 45 | 57 | 90 | 87 | 71 | 23 | 23 | 0 | 49 |
| P.SILLA | | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PT.SAGUNT | | 19 | 73 | 77 | 83 | 68 | 61 | 23 | 0 | 51 |
| SAGUNT | | 19 | 47 | 29 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |

En la tabla superior sólo se representa uno de los umbrales de protección a la vegetación; el segundo de los umbrales considerados en el RD 1494/1995, establecido en $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario, no se ha superado durante el periodo de vigilancia en ninguna de las estaciones de la RAVCA.

Se han resaltado en negrita los meses y totales por estación con un porcentaje de superaciones por encima del 75%.

Se observa cómo las estaciones con un mayor porcentaje de superaciones son las situadas en el interior norte de la Comunidad Valenciana, en las que se produce un porcentaje de superaciones superior al 90% durante la mayor parte del periodo de

vigilancia. A continuación, las estaciones con un porcentaje más alto de superaciones son las estaciones de Onda y Penyeta, que son estaciones situadas a sotavento de las emisiones de la ciudad de Castellón y de áreas industriales próximas a la franja costera. Algo similar ocurre con las estaciones de Oliver, Port Sagunt, Gandía o Renfe, también situadas a sotavento de fuentes de emisión.

En esta evolución espacial de las concentraciones de ozono en superficie, podemos distinguir 4 zonas bien diferenciadas en cuanto a los niveles de ozono que registran: (1) costa, (2) parte baja del valle, (3) parte alta del valle, (4) interior en altura, e incluso se podría añadir una quinta (5) costa en altura (Millán, M., *et al.* 2000)

En las regiones próximas a las zonas de emisión, se registra un exceso de NO_x en los niveles inferiores de la atmósfera, lo que supone un consumo neto de ozono y la disminución de la producción de radicales. A medida que aumenta la distancia a las zonas de emisión (en el caso de la Comunidad Valenciana situadas principalmente en la franja litoral), la masa aérea se va mezclando con aire limpio, con una mayor proporción de compuestos volátiles orgánicos (en parte de origen propiamente biogénico), con lo que el equilibrio de la reacción se desplaza nuevamente hacia las elevadas concentraciones de ozono, hasta que la disponibilidad de óxidos de nitrógeno se convierte en un factor limitante para la continuación del incremento de los niveles de ozono (o bien anochece y se detienen los procesos fotoquímicos). En este momento, la concentración de ozono en superficie disminuye por deposición seca; pero no ocurre lo mismo en altura, donde se forman estratos de reserva. Durante la noche, la circulación de brisa se invierte y el ozono viaja con el flujo de derrame desde el interior hacia la costa. A su vez, este flujo provoca el descenso vertical de la masa de aire sobre las zonas altas para compensar el derrame en superficie, por lo tanto, las estaciones de altura no dejan de estar en contacto con los estratos de reserva, siendo la reducción nocturna menos sensible que en los emplazamientos más bajos. De ahí que la curva de evolución diurna de la concentración de ozono en estos presente una onda mucho más marcada que en aquellos, en que la amplitud de la variación noche/día en ocasiones es muy pequeña.

2.2.2 Umbral de protección a la salud

En la Tabla 5 se muestra el porcentaje de superaciones del umbral de protección a la salud. Este parámetro se define como un promedio octohorario, y se calcula cuatro veces al día, entre las 0-8h, las 8-16h, las 16-24h y las 12-20h, por lo que pueden registrarse hasta otras tantas superaciones durante la jornada. No obstante, y para una mejor interpretación de los resultados en el contexto del presente informe, tan solo se ha contabilizado una superación por día (por lo tanto los resultados no tienen necesariamente por que coincidir con las tablas normativas, en las que se consideran hasta cuatro superaciones por día). Se observa que al igual que ocurría con el umbral de protección a la vegetación, el mayor porcentaje de superaciones, registradas por la RAVCA, se manifiesta en las estaciones situadas en el interior de la Comunidad, seguidas por las estaciones más costeras situadas en entornos a sotavento de áreas industriales. No obstante, excepto en meses de verano y en localizaciones concretas, el porcentaje de superaciones es inferior al 50%. Considerando todo el periodo de vigilancia, el porcentaje es claramente inferior al 50%.

En la Tabla 5 se observa cómo el mayor porcentaje de superaciones acontece, durante la campaña Previozono 2001, en los meses de Mayo y Junio, meses

primaverales, y no como cabría pensar, en los meses de verano en los que la temperatura terrestre y la intensidad de la radiación solar son mayores.

Los porcentajes más altos se registran en las estaciones de altura, donde el ciclo de ozono muestra una menor oscilación a lo largo del día.

Tabla 5 Porcentaje de días con alguna superación del umbral de protección a la salud durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA y total del mismo.

| ESTACIÓN | UPS M8H > 110 µg/m3 | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| | MES | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | TOTAL |
| ELDA | | 0 | 0 | 7 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| ELX | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELX2 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HOYA | | 0 | 6 | 21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| OLIVER | | 0 | 4 | 14 | 14 | 11 | 6 | 1 | 0 | 6 |
| RENFE | | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ROSALEDA | | 0 | 0 | 3 | 10 | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 |
| S.ANTONIO | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CORACHAR | | 6 | 19 | 55 | 60 | 44 | 37 | 8 | 0 | 29 |
| S.JORDI | | 6 | 47 | 53 | 48 | 37 | 23 | 7 | 0 | 27 |
| MORELLA | | 14 | 38 | 52 | 58 | 48 | 37 | 8 | 0 | 32 |
| VALLIBONA | | 10 | 27 | 22 | 65 | 60 | 46 | 16 | 2 | 31 |
| VILAFRANCA | | 24 | 59 | 52 | 53 | 38 | 27 | 3 | 0 | 32 |
| SORITA | | 0 | 11 | 28 | 43 | 35 | 24 | 4 | 0 | 18 |
| CASTELLÓN | | 0 | 0 | 1 | 2 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| ERMITA | | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| GRAO | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| ONDA | | 0 | 18 | 30 | 32 | 24 | 19 | 4 | 0 | 16 |
| PENYETA | | 1 | 13 | 27 | 21 | 11 | 7 | 0 | 0 | 10 |
| G.VIA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LINARES | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NAZARET | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N.CENTRO | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PATERNA | | 0 | 2 | 9 | 8 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| QUART | | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| ARAGON | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GANDIA | | 1 | 7 | 24 | 18 | 7 | 2 | 0 | 0 | 7 |
| P.SILLA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PT.SAGUNT | | 1 | 14 | 15 | 7 | 11 | 2 | 0 | 0 | 6 |
| SAGUNT | | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | | 6 | 27 | 42 | 45 | 34 | 24 | 5 | 0 | 23 |

2.2.3 Umbrales de información y alerta a la población

Durante el periodo de vigilancia, el umbral de información a la población se ha superado un total de 14h, repartidas entre 5 de las estaciones de la RAVCA; con un total de 7 jornadas de superación del umbral de información a la población. En la Tabla 6 se observa la distribución de estas superaciones en los meses de vigilancia. Todas estas superaciones del umbral de información a la población se encuentran concentradas en los meses de Mayo a Agosto, y por tanto dentro de los meses centrales en los que se realizaba un Informe de predicción diario.

En cuanto a la distribución espacial, aunque existen pocas superaciones como para generalizar un patrón, se observa cómo las superaciones acontecen en estaciones situadas a sotavento de las emisiones y a una cierta distancia de las mismas.

El **umbral de alerta a la población** no se ha superado, durante el periodo de vigilancia, en ninguna de las estaciones de la RAVCA. En cuanto al **umbral de información a la población**, el porcentaje de superación, considerando todo el periodo, resultado inferior al 1%.

Tabla 6 Número de superaciones del umbral de información a la población durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA.

| ESTACIÓN MES | UIP MH > 180 µg/m3 | | | | | | | | TOTAL |
|-----------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|----|-------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| ELDA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELX | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELX2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HOYA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| OLIVER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RENFE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ROSALEDA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S.ANTONIO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CORACHAR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S.JORDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MORELLA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VALLIBONA | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| VILAFRANCA | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| SORITA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ERMITA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GRAO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ONDA | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| PENYETA | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| G.VIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LINARES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NAZARET | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N.CENTRO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PATERNA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| QUART | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARAGON | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GANDIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P.SILLA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PT.SAGUNT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SAGUNT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.3 Estadística descriptiva

2.3.1 Estadística de la concentración horaria de ozono

En esta sección se presenta un resumen estadístico de las series de valores horarios de concentración de ozono, en todos los emplazamientos de la RAVCA, durante el periodo de vigilancia, comprendido entre los meses de Marzo a Octubre.

En las Figuras 4-6 se representan los diagramas de cajas correspondientes al periodo de vigilancia para todas las estaciones de la RAVCA con suficiente representatividad estadística. Así, se han eliminado las estaciones de Nazaret, las estaciones de Elx antigua y nueva, y la estación de Pista de Silla, ya que la recuperación de datos es inferior al 75%. No obstante, en las tablas 7-9 se pueden consultar sus estadísticos básicos.

En los **diagramas de caja** se representa toda la información en el eje Y. Dentro de la caja se incluyen los valores de concentración de ozono entre el percentil 25 y el percentil 75 de la distribución (límites de la caja), es decir el 50% del total de los que equidistan de la mediana o percentil 50, que es la línea interior. Las líneas verticales representan el máximo y el mínimo horario del periodo.

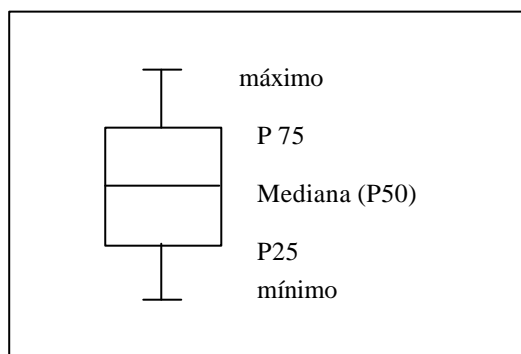


Figura 3 Leyenda de los diagramas de caja utilizados en este Informe.

Debido a que la forma de la función de distribución de concentración de ozono es variable de una zona a otra, resulta más conveniente expresar las propiedades de la distribución haciendo uso de la estadística no paramétrica, como por ejemplo los percentiles. Por este motivo se ha optado por la representación en diagramas de cajas.

En las tablas, se muestran la media, desviación típica, máximo y percentil 98 para todas las estaciones, por ser los estadísticos de uso más generalizado.

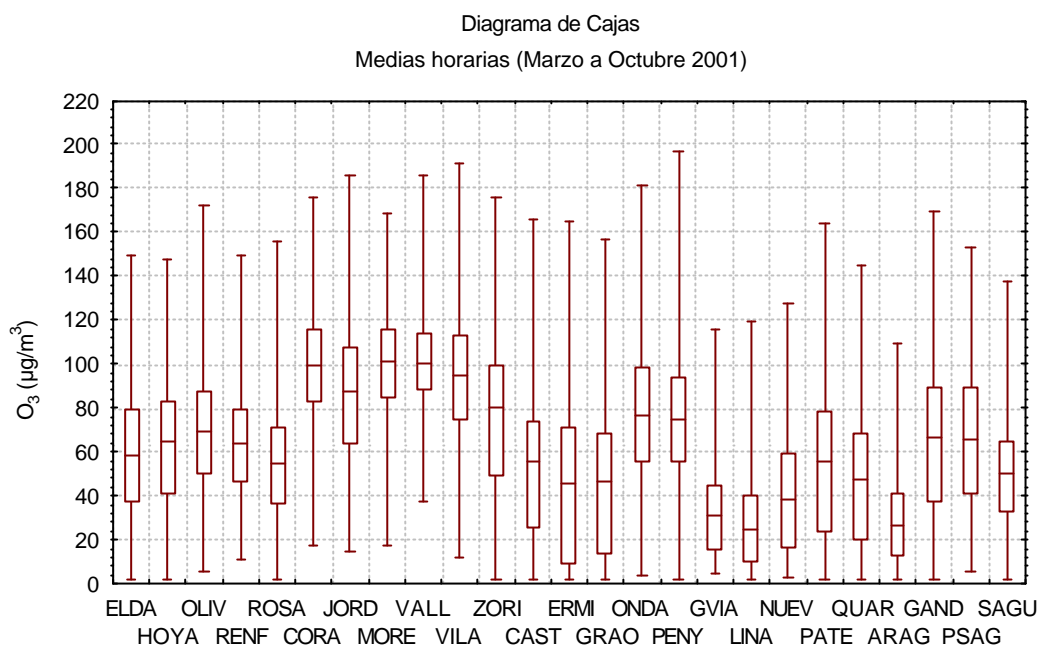


Figura 4 Diagrama de cajas de las series de valores de concentración horaria de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre, medidas en las estaciones de la RAVCA.

Se pueden apreciar diferencias significativas en la Figura 4 entre los diferentes emplazamientos. Si se atiende al valor de la mediana, se observa cómo los valores más elevados pertenecen a las estaciones situadas en el interior norte de la provincia de Castellón. Ha sido también en estos emplazamientos en los que se ha registrado un porcentaje mayor de superaciones de los umbrales legales, tanto de protección a la vegetación, como a la salud humana (Tablas 4, 5 y 6).

En estaciones situadas en entornos industriales, en zonas urbanas, o a sotavento de grandes urbes, las emisiones de NO_x, fundamentalmente en forma de NO, tienen el efecto de disminuir el ozono. Esto podría ser la causa de que en estas zonas se obtengan valores menores del percentil 50 de concentración de ozono y también una tendencia de las series a una mayor dispersión respecto a la mediana, lo cual se traduce en una asimetría respecto a la mediana y en cajas más altas.

También se observa como en las estaciones situadas en entornos rurales existe un desplazamiento tanto a valores máximos como mínimos, mientras que en las situadas en entornos urbanos, el desplazamiento es más alto hacia el valor máximo que hacia el valor mínimo.

Los límites inferiores de la distribución (por ejemplo el percentil 25 en este caso) parece distinguir también entre emplazamientos más rurales, en que los niveles no llegan a bajar excesivamente durante la noche, y los entornos más urbanos o sometidos a atmósferas contaminadas, en los que durante periodos largos las concentraciones de ozono se reducen drásticamente.

En la Tabla 7 se observa como las estaciones con un mayor percentil 98 son las del interior norte de Castellón, lo que significa en general valores máximos de ozono más elevados. Las estaciones urbanas son las que presentan un menor percentil 98, lo que concuerda con la mediana más baja. Son estas zonas las que se ven más influenciadas por las emisiones reductoras.

Tabla 7 Estadísticos de la serie horaria de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001

| Estaciones | Media | Des.típica | Máximo | Percentil 98 |
|-------------|-------|------------|--------|--------------|
| Elda | 58 | 29 | 149 | 115 |
| Elx | 60 | 27 | 125 | 106 |
| Elx 2 | 49 | 22 | 118 | 93 |
| Hoya | 63 | 29 | 118 | 93 |
| Oliver | 69 | 27 | 172 | 125 |
| Renfe | 64 | 22 | 150 | 109 |
| Rosaleda | 55 | 27 | 156 | 117 |
| Corachar | 100 | 23 | 176 | 148 |
| S. Jordi | 86 | 29 | 186 | 143 |
| Morella | 100 | 23 | 168 | 148 |
| Vallibona | 102 | 21 | 186 | 151 |
| Vilafranca | 94 | 27 | 191 | 151 |
| Sorita | 75 | 35 | 176 | 143 |
| Castellón | 51 | 32 | 166 | 114 |
| Ermita | 45 | 34 | 165 | 111 |
| Grao | 45 | 31 | 157 | 102 |
| Onda | 76 | 30 | 182 | 142 |
| Penyeta | 74 | 29 | 197 | 134 |
| G.Vía | 32 | 19 | 116 | 73 |
| Linares | 27 | 20 | 119 | 77 |
| Nazaret | 41 | 25 | 113 | 91 |
| N. Centro | 40 | 26 | 128 | 98 |
| Paterna | 53 | 34 | 164 | 121 |
| Quart | 47 | 29 | 145 | 107 |
| Aragón | 29 | 19 | 109 | 74 |
| Gandia | 64 | 34 | 170 | 132 |
| Pista Silla | 37 | 25 | 122 | 89 |
| Pt. Sagunt | 66 | 31 | 154 | 127 |
| Sagunt | 50 | 23 | 138 | 99 |

En el Anexo B se encuentran las tablas estadísticas de las concentraciones horarias, detallada por meses, durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre).

2.3.2 Estadística de los máximos horarios diarios de la concentración de ozono

Al elaborar estrategias de control (y en general, de “gestión”) de la contaminación es necesario tener en cuenta los valores máximos horarios, pues en términos de tales magnitudes se establecen algunos de los condicionantes normativos. Resulta por ello de interés atender a la dinámica de los valores máximos de concentración de ozono.

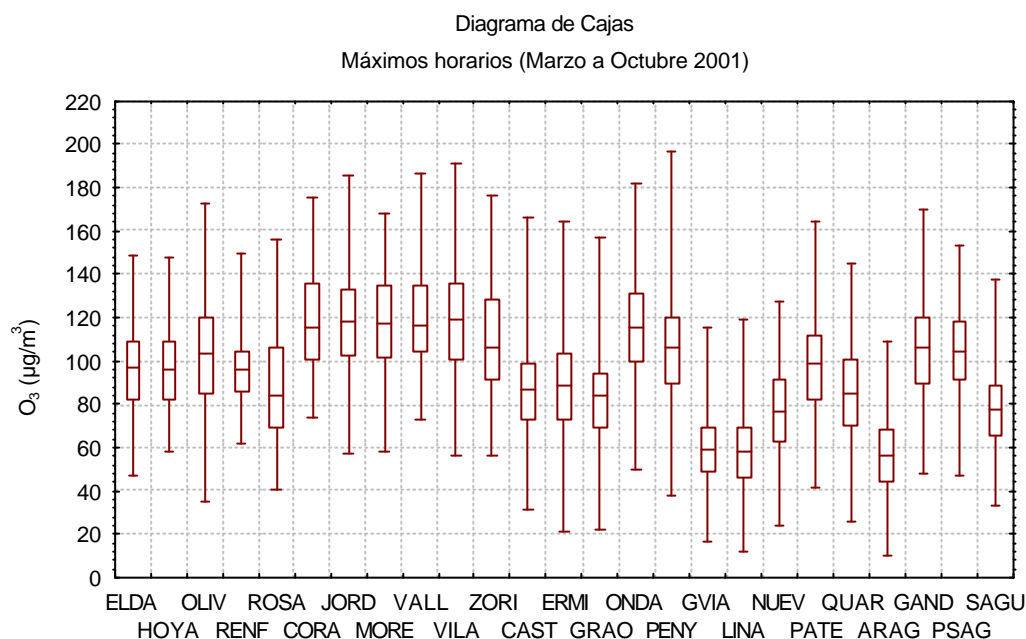


Figura 5 Diagrama de cajas de las series de valores de máximos horarios de concentración de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre.

En los diagramas de cajas se aprecia una diferencia entre las estaciones situadas más al interior de la Comunidad, en las cuales el percentil 50 es más alto que en el resto, lo que indica que durante el periodo de vigilancia, los valores máximos se mantienen por encima del resto de estaciones. Estos valores medios altos, también son compartidos por estaciones más litorales como Onda y Penyeta, estaciones situadas en entornos próximos a áreas industriales. Las concentraciones medias de los máximos horarios diarios en entornos urbanos se sitúan por debajo, apreciándose una diferencia entre las situadas próximas a zonas con tráfico intenso, y aquellas situadas en zonas con menos tráfico, pero a sotavento de las emisiones. Así, las estaciones como Gran Vía y Linares, situadas en calles con tráfico intenso tienen valores máximos medios menores que las estaciones de Paterna y Quart, situadas a sotavento de las emisiones de Valencia.

En lo referido a los valores máximos y mínimos, a diferencia de lo que ocurría con las medias horarias, tanto las estaciones situadas en entornos rurales como las estaciones más urbanas, presentan una diferencia respecto a la mediana igual para valores tanto máximos como mínimos, es decir, se sigue una distribución más simétrica respecto a la mediana.

En cuanto a la dispersión de la distribución, esta mucho más acotada que en el caso de las medias horarias. Una posible explicación física a este hecho es la minimización de la variabilidad de escala local, ya que la ocurrencia de los máximos se encuentra en las horas en las que la capa límite se encuentra ya uniformemente mezclada, por este

motivo algunos autores consideran que los máximos horarios diarios son una buena representación del valor medio de concentración en la capa límite (Vukovich and Fishman, 1986). Por otro lado, la dinámica atmosférica a la que se encuentra sometido el emplazamiento, que condiciona drásticamente la onda diurna de ozono, no es tan crítica en el caso de los máximos horarios, generalmente en las horas centrales del día. En este caso influye también la mayor intensidad de los procesos fotoquímicos, pudiendo distinguirse un gradiente positivo con el grado de interioridad del emplazamiento.

En la Tabla 8 se muestran los estadísticos descriptivos de los niveles de concentración de ozono, a partir de los máximos horarios, para las estaciones de la RAVCA.

Tabla 8 Estadísticos de la serie de máximos horarios diarios de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001.

| Estaciones | Media | Des.típica | Máximo | Percentil 98 |
|-------------|-------|------------|--------|--------------|
| Elda | 96 | 20 | 149 | 136 |
| Elx | 93 | 14 | 125 | 124 |
| Elx 2 | 80 | 15 | 118 | 116 |
| Hoya | 97 | 18 | 148 | 137 |
| Oliver | 103 | 22 | 172 | 150 |
| Renfe | 96 | 15 | 150 | 130 |
| Rosaleda | 88 | 25 | 156 | 141 |
| Corachar | 119 | 23 | 176 | 164 |
| S. Jordi | 118 | 21 | 186 | 157 |
| Morella | 119 | 22 | 168 | 162 |
| Vallibona | 120 | 22 | 186 | 170 |
| Vilafranca | 120 | 26 | 191 | 179 |
| Sorita | 111 | 25 | 176 | 165 |
| Castellón | 88 | 23 | 166 | 147 |
| Ermita | 89 | 22 | 165 | 140 |
| Grao | 83 | 21 | 157 | 125 |
| Onda | 116 | 23 | 182 | 159 |
| Penyeta | 106 | 23 | 197 | 157 |
| G.Vía | 59 | 17 | 116 | 99 |
| Linares | 58 | 21 | 119 | 106 |
| Nazaret | 72 | 17 | 113 | 110 |
| N. Centro | 77 | 21 | 128 | 120 |
| Paterna | 98 | 22 | 164 | 146 |
| Quart | 85 | 21 | 145 | 125 |
| Aragón | 57 | 18 | 109 | 100 |
| Gandia | 106 | 22 | 170 | 152 |
| Pista Silla | 69 | 20 | 122 | 114 |
| Pt. Sagunt | 104 | 21 | 154 | 144 |
| Sagunt | 78 | 19 | 138 | 121 |

2.3.3 Estadística de las concentraciones medias diarias de ozono

Estudiar la estadística de las medias diarias nos permitirá revelar diferencias o similitudes entre los ciclos diarios de las diferentes estaciones que componen la RAVCA. En la Figura 6 se representan los diagramas de caja para el periodo de Marzo a Octubre.

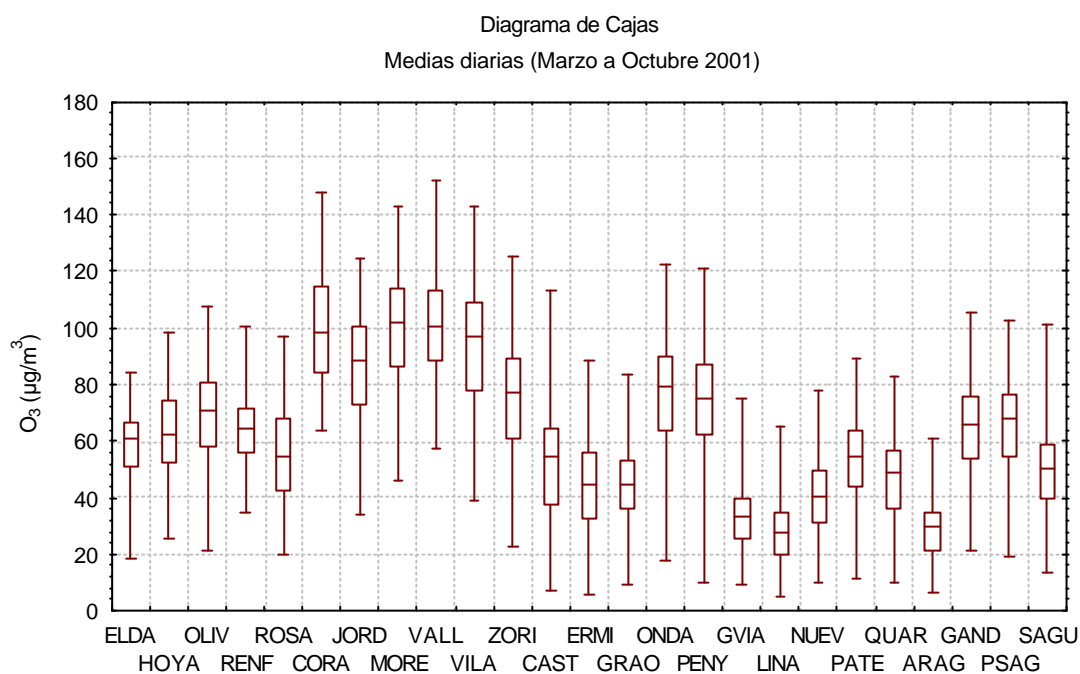


Figura 6 Diagrama de cajas de las series de valores de concentración diaria de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001.

Se puede observar que aunque la concentración media del periodo coincide con la calculada a partir de las medias horarias, en el caso de las medias diarias la dispersión es menor. Los valores de concentración de ozono de la distribución, entre el percentil 25 y el percentil 75, se encuentran a menor distancia del percentil 50. Esto se debe, en parte, a que al realizar el promedio diario, se está considerando otra escala temporal, en la que la variabilidad, aparece más condicionada por la situación sinóptica, que por las variaciones locales.

En la Figura 6 se observan 4 grupos bien diferenciados, las estaciones del interior, con valores medios de concentración más altos y mayor dispersión (entendida como diferencia entre percentiles). Las estaciones de Ermita y el Grao, con concentraciones medias similares a las estaciones urbanas, las estaciones de Onda y Penyeta, con concentraciones notablemente superiores a las de Ermita y Grao, y con una dispersión similar a las estaciones de interior. Las estaciones urbanas, con las concentraciones medias más bajas y con una escasa dispersión respecto al valor central, y las estaciones litorales, con concentraciones medias entorno a los $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ y con valores de los percentiles 25 y 75 simétricos a la mediana.

En la Tabla 9 se describen los estadísticos para las concentraciones medias diarias registradas durante el periodo de vigilancia en las estaciones de la RAVCA.

Tabla 9 Estadísticos de la serie diaria de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001

| Estaciones | Media | Des.típica | Máximo | Percentil 98 |
|-------------|-------|------------|--------|--------------|
| Elda | 58 | 13 | 84 | 81 |
| Elx | 60 | 14 | 85 | 85 |
| Elx 2 | 49 | 12 | 75 | 75 |
| Hoya | 63 | 16 | 99 | 93 |
| Oliver | 69 | 17 | 107 | 100 |
| Renfe | 64 | 12 | 101 | 91 |
| Rosaleda | 55 | 17 | 97 | 88 |
| Corachar | 101 | 20 | 148 | 142 |
| S. Jordi | 86 | 18 | 125 | 117 |
| Morella | 100 | 19 | 143 | 141 |
| Vallibona | 102 | 18 | 152 | 145 |
| Vilafranca | 94 | 21 | 143 | 131 |
| Sorita | 75 | 21 | 126 | 121 |
| Castellón | 51 | 19 | 113 | 97 |
| Ermita | 45 | 16 | 88 | 78 |
| Grao | 45 | 14 | 83 | 74 |
| Onda | 76 | 18 | 123 | 115 |
| Penyeta | 74 | 19 | 121 | 113 |
| G.Vía | 32 | 11 | 75 | 54 |
| Linares | 27 | 11 | 65 | 52 |
| Nazaret | 41 | 14 | 76 | 70 |
| N. Centro | 40 | 14 | 78 | 73 |
| Paterna | 53 | 16 | 89 | 85 |
| Quart | 47 | 15 | 83 | 76 |
| Aragón | 29 | 10 | 61 | 55 |
| Gandia | 64 | 17 | 105 | 95 |
| Pista Silla | 37 | 14 | 66 | 62 |
| Pt. Sagunt | 66 | 16 | 103 | 98 |
| Sagunt | 50 | 15 | 101 | 85 |

2.3.4 Variabilidad semanal de los niveles de ozono. Influencia del carácter urbano/rural de la estación

El ciclo semanal de concentración de ozono, se ve influido, de manera desigual, por el comportamiento de las emisiones. Para caracterizar dicho ciclo semanal en las estaciones de la RAVCA, se escogió como representación de estación rural, menos influenciada por el ciclo de emisiones, la cabina de Morella, y como representación de entorno urbano, la estación de Linares, situada en un entorno con tráfico intenso, viéndose sometida, por tanto, a la diferencia en la intensidad de tráfico entre días laborables y festivos.

Para analizar dicha diferencia en las estaciones de la RAVCA, se examina la concentración media de los máximos horarios, durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001 (periodo de vigilancia), para cada uno de los días de la semana. La mediana del máximo horario diario, así como los percentiles 50, 25 y 75 se representan en el diagrama de cajas de la Figura 7 para cada una de las estaciones de la RAVCA.

En la Figura 7 se observa que mientras en las estaciones urbanas existe una diferencia de los niveles de ozono en días laborables y festivos, de una media de 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en la estación rural esta diferencia es inapreciable.

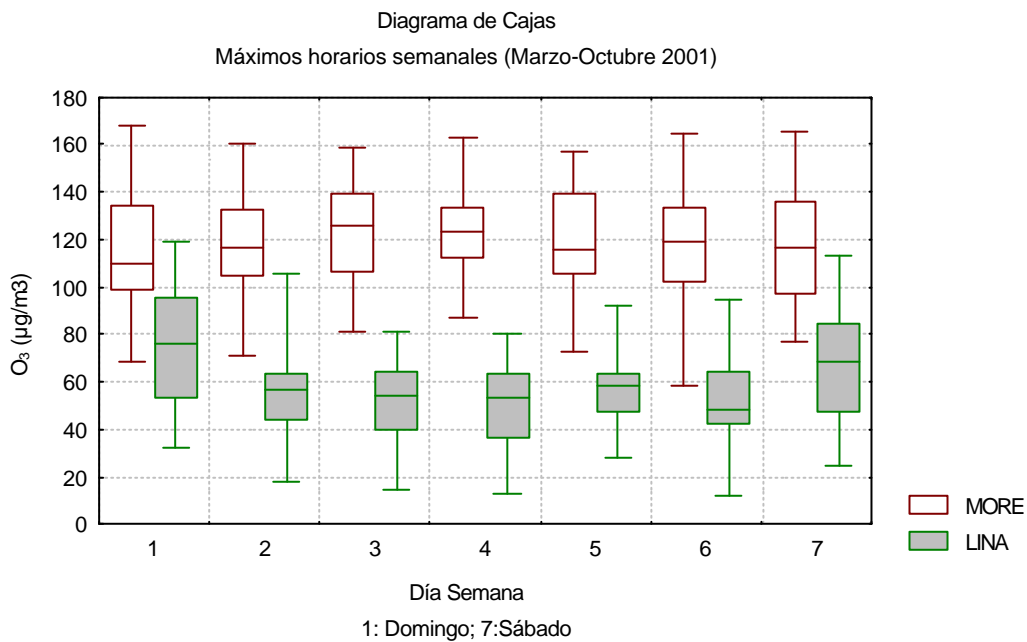


Figura 7 Diagrama de cajas de las series de valores máximos horarios diarios de concentración de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre, promediados por día de la semana.

La reducción del tráfico en las áreas urbanas durante el fin de semana se traduce en un incremento de los niveles de ozono. La disminución en la concentración de NO_x , conlleva un incremento de los niveles de ozono debido a la inhibición parcial de la descomposición de la molécula de ozono por reacción con el monóxido de nitrógeno.

En el caso de los entornos rurales, no se refleja un efecto directo e inmediato del tráfico. Los episodios de niveles elevados, en estas zonas, son debidos mayoritariamente

al transporte de masa aérea contaminada desde las zonas industriales, en las que si existe una contribución antropogénica a la contaminación.

2.3.5 Correlaciones lineales entre las estaciones de la RAVCA

Se realizó una correlación lineal entre pares de valores medios diarios de ozono, de los emplazamientos de la RAVCA, con el objeto de revelar diferencias de ciclo diario.

Para que la serie temporal fuera lo suficientemente larga se tomo la serie de concentraciones del año 2000 completa (Enero-Diciembre) para todas las estaciones de la RAVCA con un porcentaje de datos válidos superior o igual al 75%.

En la Tabla 10 se excluyen todas aquellas estaciones que su correlación no sea de al menos 0.7 con alguna de las otras estaciones. En general, suele aceptarse como relación alta entre variables, un coeficiente de correlación entre 0.7 y 1.

Entendiendo que una correlación igual a 1 en valor absoluto (o próximo) implica una dependencia lineal, se puede interpretar el valor del coeficiente de correlación como indicador de la intensidad de la dependencia lineal entre dos variables.

En la Tabla 10 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos. Se observa el diferente comportamiento de los emplazamientos situados en las zonas costeras y en zonas de interior, estaciones de altura y planicie. Pero también la diferencia entre tipos de estaciones: urbanas y rurales.

Se observa una alta correlación entre los emplazamientos de interior y altura, Corchar, Morella y Vallibona, con un coeficiente de 0.9. La posición de altura e interior, les confiere a estas estaciones un ciclo diario de ozono difuso (valores similares durante todo el día). Los cambios en el ciclo se deben, generalmente, a cambios en la dirección e intensidad del viento.

Las estaciones de Ermita y Grao, con un coeficiente de correlación de 0.97 (redondeado a 1.0 en la Tabla 10), están situadas en un entorno costero, por lo que su ciclo diario se ve muy influenciado por la brisa.

El coeficiente de correlación entre las estaciones de Onda, Grao, La Foia, y Sant Jordi se encuentra entre 0.7 y 0.8. Estas estaciones pueden considerarse estaciones suburbanas (atendiendo al grado de urbanización). Las estaciones de Onda y Grao son claramente industriales, y aunque La Foia no es considerada como industrial, no queda fuera de las emisiones de Elx.

En cuanto a las estaciones urbanas la correlación entre ellas es alta, en el caso de las estaciones ubicadas en el casco urbano de Valencia, la correlación entre ellas es de 0.8-0.9; y en el caso de las estaciones de la provincia de Alicante (Renfe, Sant Antoni, Elx y La Foia) su correlación es de 0.7-0.9. En el caso de las estaciones urbanas el ciclo de ozono se ve muy influenciado por las emisiones del tráfico, como ya se ha puesto de manifiesto en el apartado 2.3.4.

Las estaciones de Paterna y Quart también tienen un buen coeficiente de correlación entre ellas (0.8), estas estaciones, junto con la de Burjassot (que carece de monitor de ozono) se encuentran a sotavento de las emisiones de la ciudad de Valencia. La estación de La Foia también esta correlacionada (0.8) con la estación de Quart, aunque con Paterna el coeficiente de correlación era de 0.6.

Aunque las correlaciones lineales son un buen primer paso para el análisis de tipologías, mediante una correlación lineal es muy difícil poder capturar toda la complejidad intrínseca a la dinámica del ozono, valga como ejemplo que una correlación nula no significa que las variables (estaciones) sean independientes, ya mediante el coeficiente de correlación solo se considera una relación lineal entre variables.

| | CORA | MORE | VALL | VILA | ZORI | JORD | PEÑE | ONDA | GRAO | ERMI | SAGU | PSAGU |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| CORA | | | | | | | | | | | | |
| MORE | 0.9 | | | | | | | | | | | |
| VALL | 0.9 | 0.9 | | | | | | | | | | |
| VILA | | | | | | | | | | | | |
| ZORI | | | | 0.7 | | | | | | | | |
| JORD | | | | | | | | | | | | |
| PEÑE | | | | | | | | | | | | |
| ONDA | | | | | | 0.8 | | | | | | |
| GRAO | | | | | | 0.7 | | 0.7 | | | | |
| ERMI | | | | | | 0.7 | | 0.7 | 1.0 | | | |
| SAGU | | | | | | | | | | | | |
| PSAGU | | | | | 0.7 | 0.8 | | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | |
| PATE | | | | | | | | | | 0.7 | | 0.7 |
| QUAR | | | | | 0.7 | 0.7 | | 0.7 | 0.8 | 0.8 | | 0.9 |
| GVIA | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| LINA | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| NUEV | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| ARAG | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| PIST | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| NAZA | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| GAND | | | | | | 0.7 | | 0.7 | 0.7 | 0.8 | | 0.8 |
| OLIV | | | | | 0.7 | | | 0.8 | | | | 0.8 |
| ROSA | | | | | | | | 0.7 | | | | 0.7 |
| RENF | | | | | | | | | | | | |
| SANT | | | | | | | | | 0.7 | | | 0.7 |
| ELCH | | | | | | | | 0.7 | 0.7 | 0.7 | | 0.8 |
| HOYA | | | | | | 0.7 | | 0.7 | 0.8 | 0.8 | | 0.8 |

Tabla 10 Coeficientes de correlación lineal de valores medios diarios de concentración de ozono para el año 2000.

| | PATE | QUAR | GVIA | LINA | NUEV | ARAG | PIST | NAZA | GAND | OLIV | ROSA | RENF | SANT | ELCH | HOYA |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CORA | | | | | | | | | | | | | | | |
| MORE | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALL | | | | | | | | | | | | | | | |
| VILA | | | | | | | | | | | | | | | |
| ZORI | | | | | | | | | | | | | | | |
| JORD | | | | | | | | | | | | | | | |
| PEÑE | | | | | | | | | | | | | | | |
| ONDA | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAO | | | | | | | | | | | | | | | |
| ERMI | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAGU | | | | | | | | | | | | | | | |
| PSAGU | | | | | | | | | | | | | | | |
| PATE | | | | | | | | | | | | | | | |
| QUAR | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | |
| GVIA | 0.7 | 0.8 | | | | | | | | | | | | | |
| LINA | 0.7 | 0.8 | 0.9 | | | | | | | | | | | | |
| NUEV | | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | | | | | | | | | | |
| ARAG | | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | | | | | | | | | | |
| PIST | | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | | | | | | | | |
| NAZA | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | | | | | | | | |
| GAND | 0.7 | 0.8 | | | | 0.7 | | | | | | | | | |
| OLIV | | 0.8 | | 0.8 | | 0.7 | | | 0.8 | | | | | | |
| ROSA | | 0.8 | | | | | | | 0.8 | 1.0 | | | | | |
| RENF | | | | | | 0.7 | | | | | | | | | |
| SANT | | 0.8 | | | | 0.8 | 0.7 | | 0.8 | 0.7 | | 0.9 | | | |
| ELCH | | 0.7 | | | | | | | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | | |
| HOYA | | 0.8 | | | | 0.7 | | | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | |

Tabla 10 (cont) Coeficientes de correlación lineal de valores medios diarios de concentración de ozono para el año 2000.

2.4 Análisis de días con elevada concentración de ozono

En este apartado se analiza en detalle la evolución de la concentración de ozono, medida en las estaciones de la RAVCA, en los días en que se alcanzó el umbral de información a la población. El objetivo principal, es la caracterización de las condiciones de transporte y la formación fotoquímica de ozono en la cuenca mediterránea durante estas situaciones.

Existen en la bibliografía diferentes estudios sobre la caracterización de episodios o periodos largos de alta contaminación fotoquímica en Europa, Norteamérica, Japón, etc. Sin embargo, el caso de la cuenca mediterránea es bastante particular, ya que al estar situada en una latitud media, las situaciones meteorológicas anticiclónicas son muy frecuentes en verano y finales de la primavera, lo que unido a las altas temperaturas y la radiación solar, hacen que la producción fotoquímica de ozono se vea muy favorecida durante todo el periodo estival, y no solo durante periodos concretos (MECAPIB, [7]).

La íntima relación entre las condiciones meteorológicas y los episodios con alta concentración de ozono, se puede resumir en los siguientes puntos, donde se muestran cuales son las condiciones meteorológicas más favorables para que se registre una superación (EPA, 1999), (Millán, M. *et al.* 2000):

1. La intensidad de la radiación ultravioleta incidente, iniciadora de las reacciones fotoquímicas, debe ser elevada. Esta situación se da con cielos despejados y ángulos solares elevados. Condición que se cumple en la mayoría de los días del periodo estival.
2. Las temperaturas deben ser moderadamente altas (superiores a 20°C). La temperatura influye en la velocidad de muchas reacciones, y aumenta las tasas de emisión por evaporación de VOC (tanto de origen natural como antropogénico).
3. Las velocidades del viento deben ser de flojas a moderadas, lo que se traduce en un enriquecimiento de precursores de la masa de aire, debido a la escasa dispersión horizontal.
4. Una capa de mezcla bien definida, que contenga los contaminantes primarios y secundarios confinados en un volumen limitado.

También la topografía de la cuenca aérea juega un papel importante en la dinámica de contaminantes, ya que esta determina, en parte, los flujos de viento dominantes, y por tanto, el transporte característico de las masas de aire contaminadas. En el caso de la cuenca mediterránea, situada en un entorno complejo, las cadenas montañosas, que en general actúan como barreras, pueden facilitar la canalización de las masas de aire, a través de los pasos naturales (en el caso del Levante, habrá que tener en cuenta las siguientes cuencas: cuenca de Cérvol-Els Ports, cuenca del Mijares-Peñagolosa, cuenca del Palancia-Javalambre, cuenca del Turia, cuencas del Júcar-Cabriel, estribaciones Béticas-Cuenca del Serpis y cuencas del Segura-Vinalopó) (Informe Zonificación. [2]).

Otro punto interesante en el análisis de los episodios de superación, es el origen del ozono. El ozono en una determinada zona, puede proceder de cuatro fuentes diferentes. No obstante, la realidad es mucho más compleja y no siempre es posible discernir el origen de la concentración de ozono en un emplazamiento determinado, participando simultáneamente de todos ellos en algún grado. A modo de síntesis, se puede resumir que el ozono registrado en un punto puede tener diferentes orígenes:

1. Generación de ozono en la misma zona, a partir de precursores ya existentes o emitidos en una zona cercana al punto de medida.
2. Transporte horizontal o advección dentro de la capa límite de una masa aérea enriquecida en ozono que se ha generado a partir de focos emisores situados a cierta distancia del emplazamiento de medida.
3. Recirculación de una masa de aire asociada a procesos mesoescalares que dificultan la ventilación.
4. Transporte vertical hacia abajo de ozono presente en capas residuales nocturnas, que pudieran permanecer durante algún tiempo en la cuenca aérea contaminada y que quedan desacopladas de la capa superficial por la inversión térmica.

En los siguientes subapartados se estudia con detalle cada uno de los días en los que se ha superado el umbral de información a la población (media horaria $>180\mu\text{g}/\text{m}^3$) en alguna de las estaciones de la RAVCA, analizando su relación con las condiciones atmosféricas, el posible transporte y la producción fotoquímica. Todo ello con el objetivo de extraer una serie de patrones generales sobre la ocurrencia de superaciones en la región del Levante.

2.4.1 Historial de superaciones en las estaciones de la RAVCA (1999-2001)

En la Tabla 11 se muestran las superaciones del umbral de información a la población ($\text{mh}>180\mu\text{g}/\text{m}^3$) por día y por lugar de la superación, y la duración de la misma.

Tabla 11 Historial de superaciones en las estaciones de la RAVCA durante el periodo de 1999-2001

| Localidad | Concentración máxima horaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Fecha | Hora (UTC) | Duración (horas) |
|----------------|---|------------|------------|------------------|
| Port de Sagunt | 200 | 03-09-1999 | 13-14 | 4 |
| Onda | 182 | 16-09-1999 | 16-17 | 1 |
| Onda | 190 | 28-09-1999 | 16-17 | 1 |
| Onda | 185 | 29-09-1999 | 14-15 | 2 |
| Vilafranca | 185 | 31-05-2001 | 16-17 | 2 |
| Vallibona | 186 | 20-06-2001 | 21-22 | 2 |
| Vilafranca | 185 | 02-07-2001 | 16-17 | 3 |
| Sant Jordi | 186 | 28-07-2001 | 14-15 | 2 |
| Penyeta | 197 | 28-07-2001 | 17-18 | 1 |
| Onda | 182 | 28-07-2001 | 18-19 | 1 |
| Vilafranca | 191 | 02-08-2001 | 14-15 | 3 |

En la Tabla 11 se representa la concentración de ozono máxima alcanzada durante la jornada de superación. La hora (UTC) se refiere a la hora de ocurrencia de dicho máximo absoluto, mientras que la duración se refiere al número de horas en que acontece la superación del umbral de información a la población.

El estudio de los episodios de superación del año 1999 puede consultarse en el Informe Previozono 2000 [6]. En los siguientes subapartados se da un análisis de cada uno de los episodios de superaciones que se han producido durante el año 2001, y una

conclusión general sobre los mecanismos que en la Comunidad Valenciana pueden dar lugar a un episodio de superación.

2.4.2 Episodio del 31 de Mayo de 2001.

Se produce una superación del umbral de información a la población en la estación de Vilafranca (Castellón), entre las 16:00 y las 17:00 horas UTC, aunque cabe mencionar que no se dispone del valor de las 15:00.

Aunque no se registraron superaciones en ninguna de las otras cabinas de la RAVCA, las concentraciones máximas horarias se mantuvieron altas durante toda la semana del 28 de Mayo al 3 de Junio en las estaciones ubicadas en el interior norte de la provincia de Castellón.

Tabla 12 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca.

| Hora (UTC) | Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|---|
| 16:00 | 185 |
| 17:00 | 183 |

Un análisis de los mapas meteorológicos (Figura 11) nos muestra que la Península Ibérica se encontró durante toda la semana bajo condiciones anticiclónicas, altas presiones en superficie y una potente dorsal en altura. Esta situación, de elevada insolación, altas temperaturas y cielos despejados provocó que los niveles de ozono se mantuvieran altos durante toda la semana. Se registra un cambio en la dirección del viento de NW a SE alrededor de las 9 UTC, que se traduce en un incremento de los valores de ozono. Esta masa de aire arrastra contaminantes desde la costa castellanense hacia la comarca de Els Ports, registrándose un incremento de los niveles de ozono en esta zona. La vía natural de penetración, a través de la Rambla de la Viuda, “desemboca” directamente en la población de Vilafranca, donde se miden valores más elevados que en el resto de los emplazamientos de la comarca.

Así pues, la superación, esta íntimamente relacionada con el confinamiento de la masa aérea asociada a la recirculación que supone el transporte en un régimen de brisas, sin un flujo general importante que la renueve eficazmente, y las condiciones favorables a la producción fotoquímica.

El transporte horizontal de ozono es la contribución predominante, ya que el máximo se produce a las 16 UTC (18 hora local).

El cielo estuvo completamente despejado durante los días previos a la superación y durante la jornada de la misma. Esto puede observarse en la serie de radiación neta, en la que no aparecen los picos que causa el paso de una nube (Figura 9).

La concentración de ozono fue incrementándose paulatinamente desde jornadas anteriores a la superación, lo que refuerza la hipótesis del confinamiento vertical y horizontal de la masa de aire que recircula debido a las células de brisa, a la que se van aportando nuevas emisiones y va aumentando su contenido en ozono.

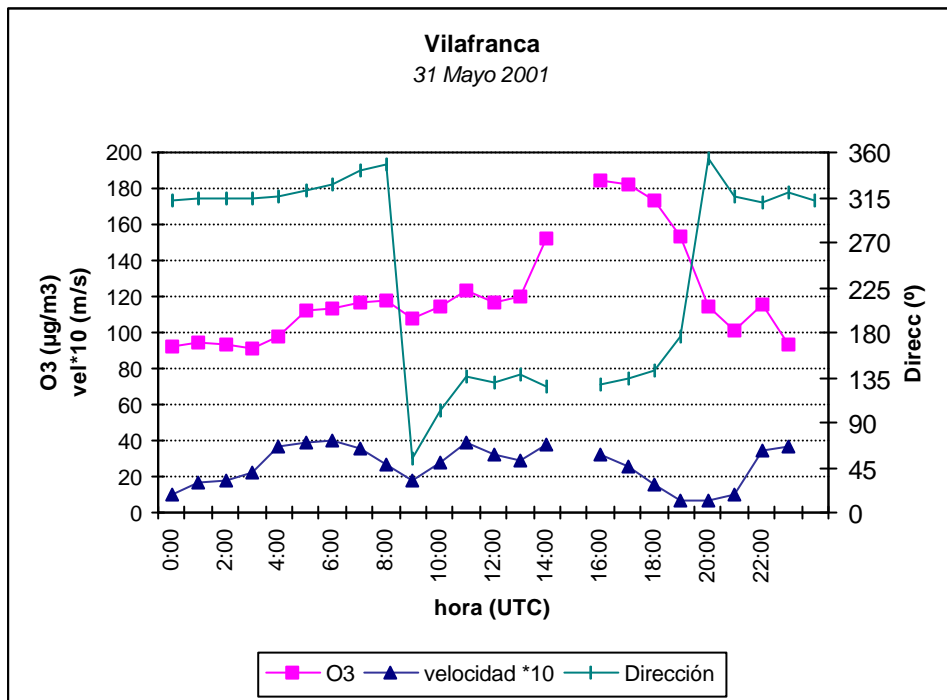


Figura 8 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el 31 de Mayo de 2001 en el emplazamiento de Vilafranca

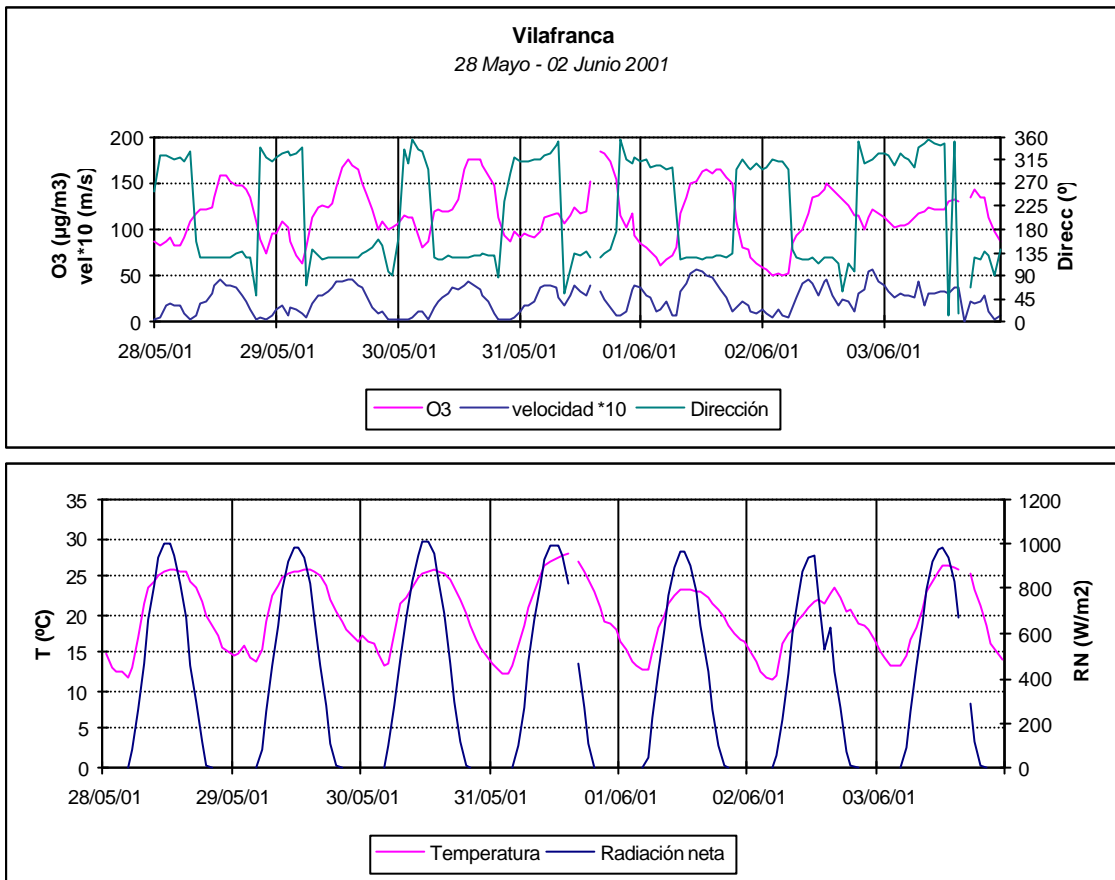


Figura 9 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 28 de Mayo al 3 de Junio. **Inferior:** Evolución semanal de radiación neta y temperatura.

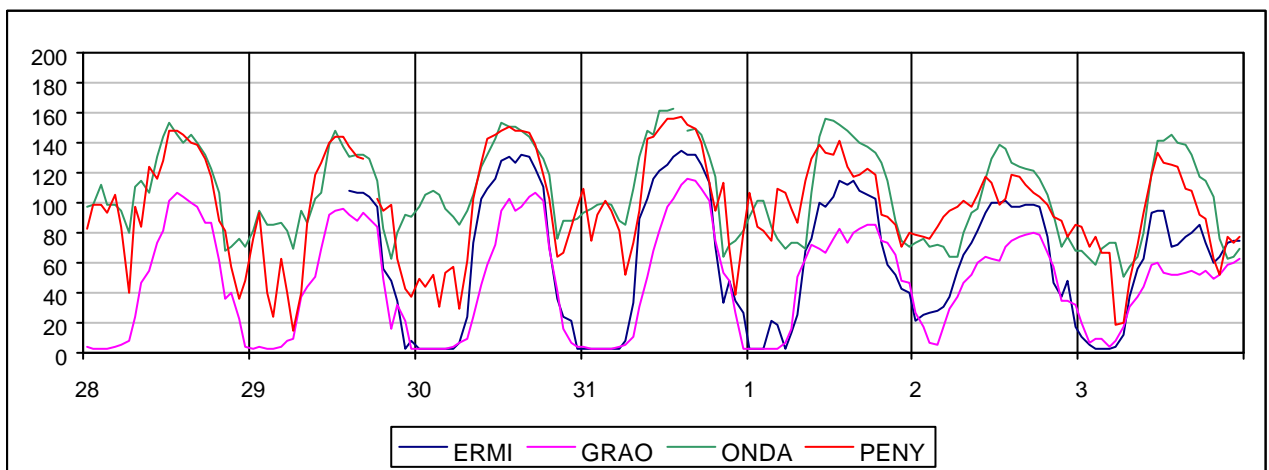
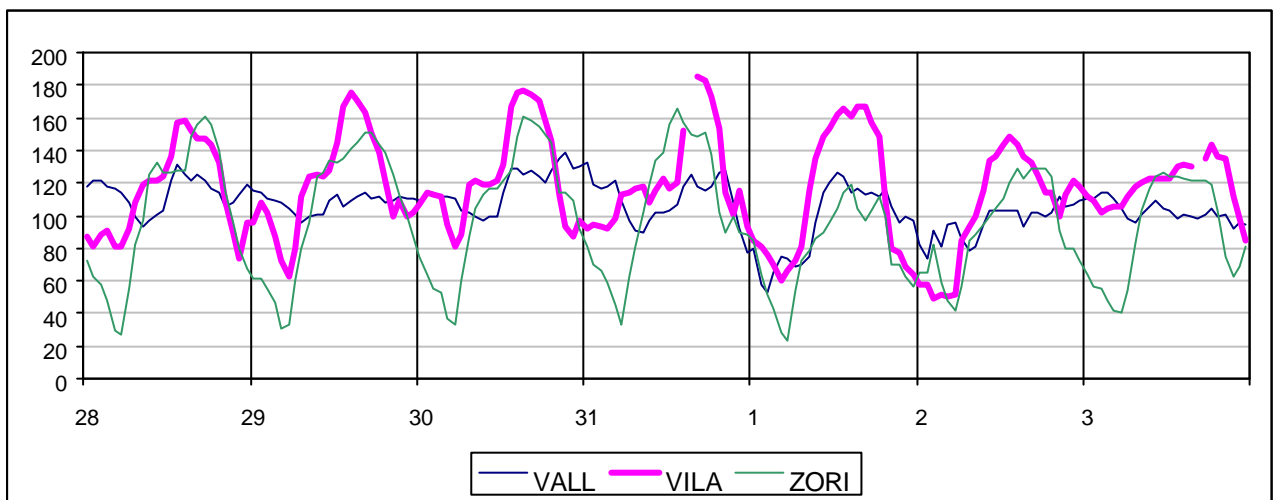
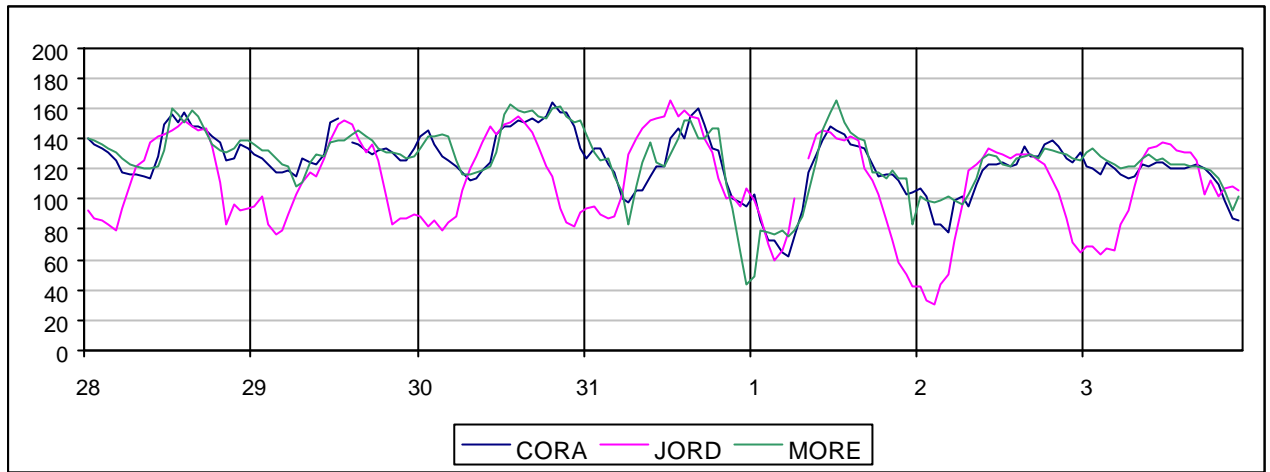
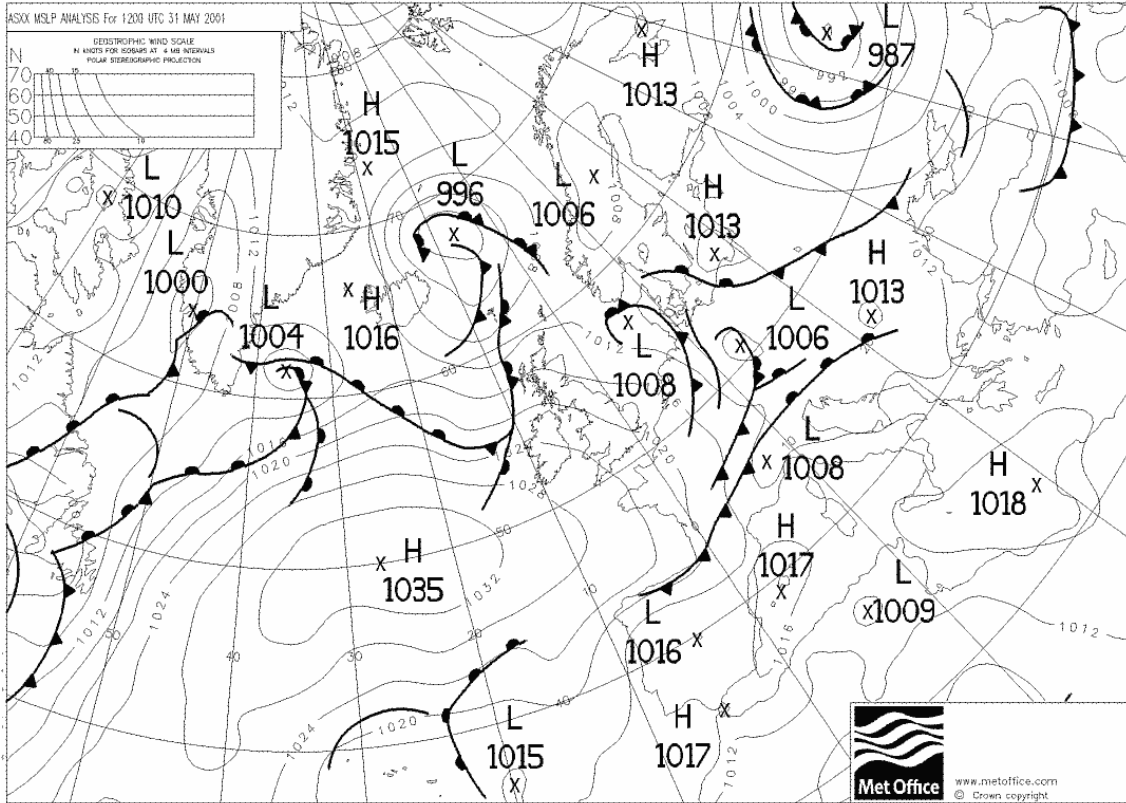
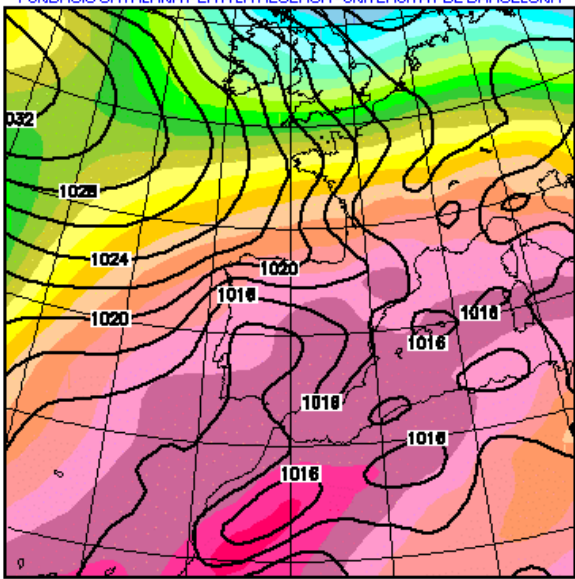


Figura 10 Evolución de la concentración (medias horarias) de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana, para el periodo del 28 de Mayo al 3 de Junio.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
 Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA

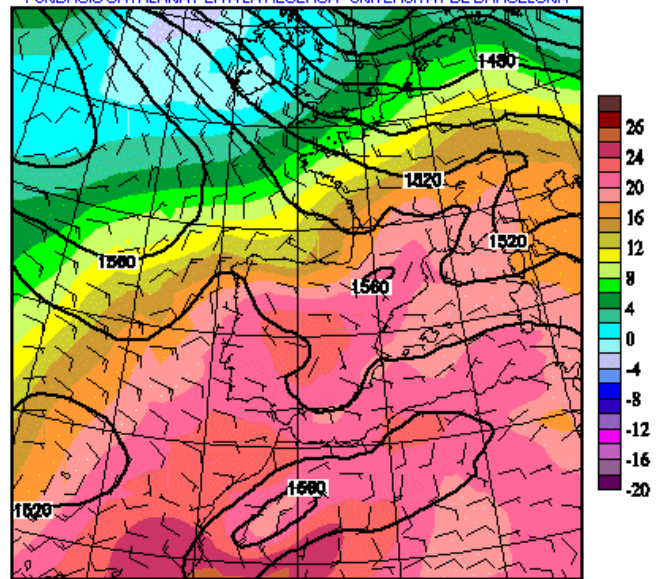


Figura 11 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 31 de Mayo del 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa.

2.4.3 Episodio del 20 de Junio de 2001.

Se produce una superación del umbral de información a la población en la estación de Vallibona (Castellón), entre las 20:00 y las 21:00 horas UTC.

Tabla 13 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vallibona.

| Hora (UTC) | Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|------------|---------------------------------------|
| 20:00 | 181 |
| 21:00 | 186 |

Las condiciones atmosféricas durante los días previos a la superación eran de marcada estabilidad atmosférica, permaneciendo la Península Ibérica dentro de la región de altas presiones y bajo una potente dorsal en altura (Figura 15). El escaso gradiente de presión en superficie y la alta insolación favorecieron las circulaciones de carácter local y regional. La formación de una baja térmica relativa, a consecuencia de la alta insolación, reforzó el desarrollo espacial de las células de brisa, que alcanzaron las estaciones situadas en el interior a través de los pasos naturales.

Los niveles de concentración de ozono se mantuvieron, en la estación de Vallibona, altos durante toda la jornada y la superación se produjo entre las 20:00 y las 21:00 horas UTC (Figura 12).

Al igual que ocurría en el caso de Vilafranca, al parecer, la superación esta íntimamente relacionada con la escasa renovación de la masa aérea y las condiciones favorables a la producción fotoquímica. La hipótesis más factible sugiere la llegada de un estrato en altura enriquecido en ozono que embebe a los tres emplazamiento de Morella, Corachar y Vallibona, en los que se registra un reforzamiento de las concentraciones a una hora tardía (aunque sólo en la última cabina llega a superar ligeramente el umbral de información a la población) (Figura 14). Puede tratarse de un proceso advectivo o bien debido al hundimiento de niveles troposféricos superiores dentro de la subsidencia anticiclónica general sobre la Península.

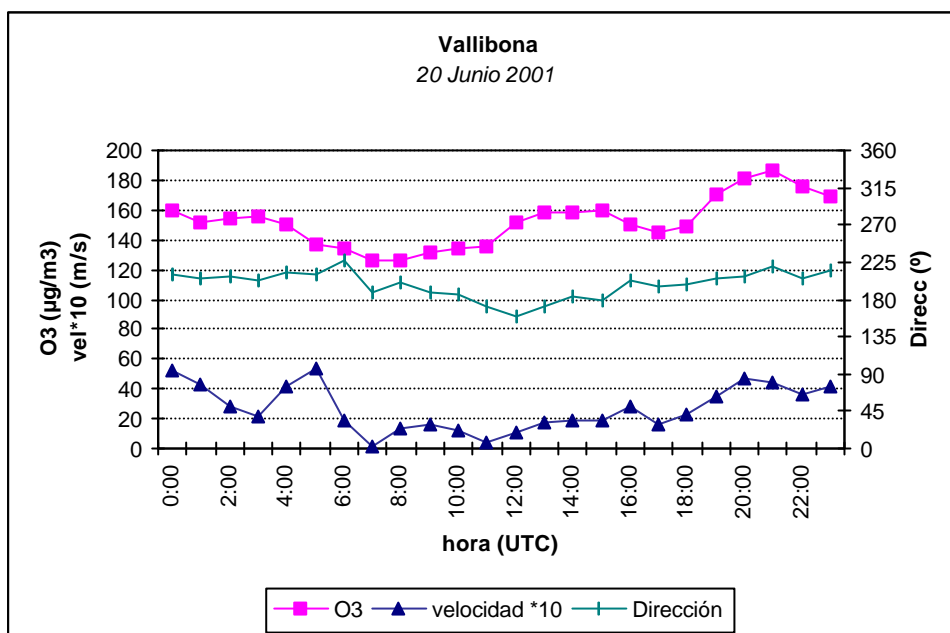


Figura 12 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 20 de Junio de 2001 en el emplazamiento de Vallibona.

En la Figura 14 puede observarse como en los emplazamientos de Coratxà, Morella y Vallibona se registra una evolución de ozono similar, con un incremento paulatino de los niveles, y sin consumo nocturno. De hecho, el máximo absoluto se produce durante las horas nocturnas; por lo que se descarta que el máximo se deba solamente a la producción fotoquímica en el mismo emplazamiento.

La temperatura también muestra un incremento rápido desde días anteriores a la superación hasta el día de la misma.

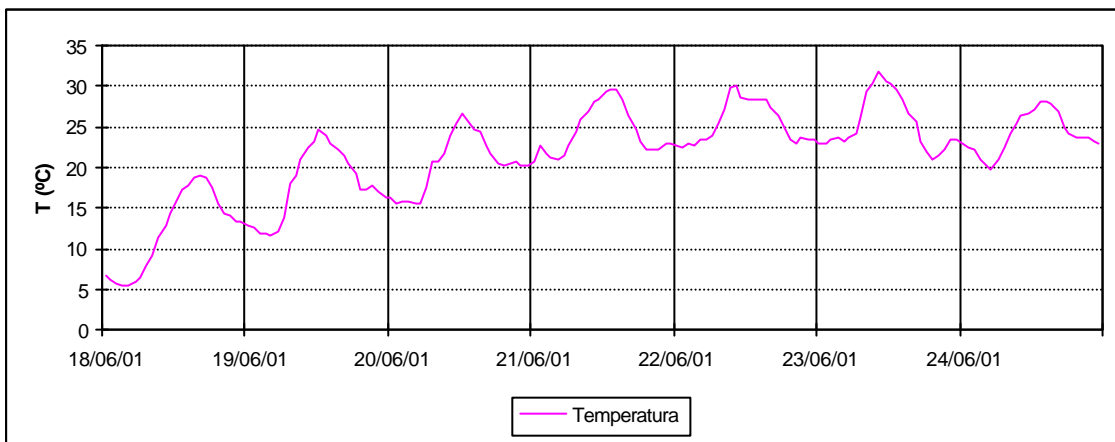
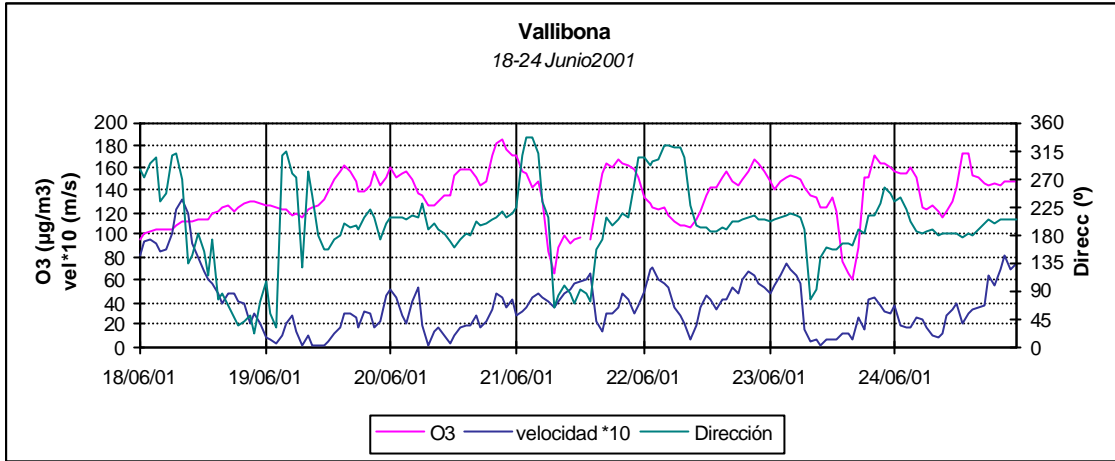


Figura 13 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vallibona para el periodo del 18 al 24 de Junio. Inferior: Evolución semanal de temperatura.

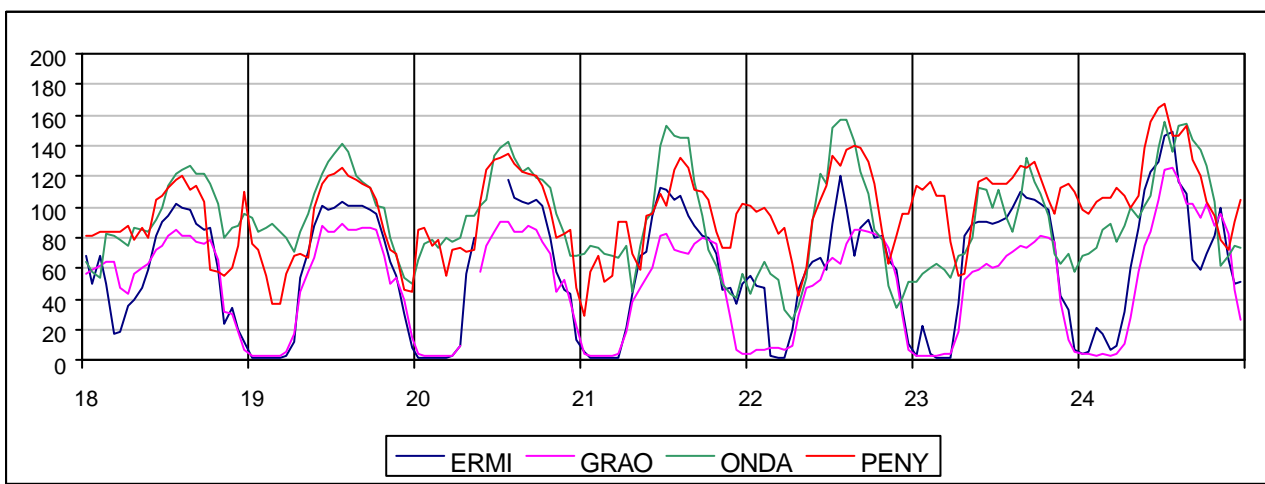
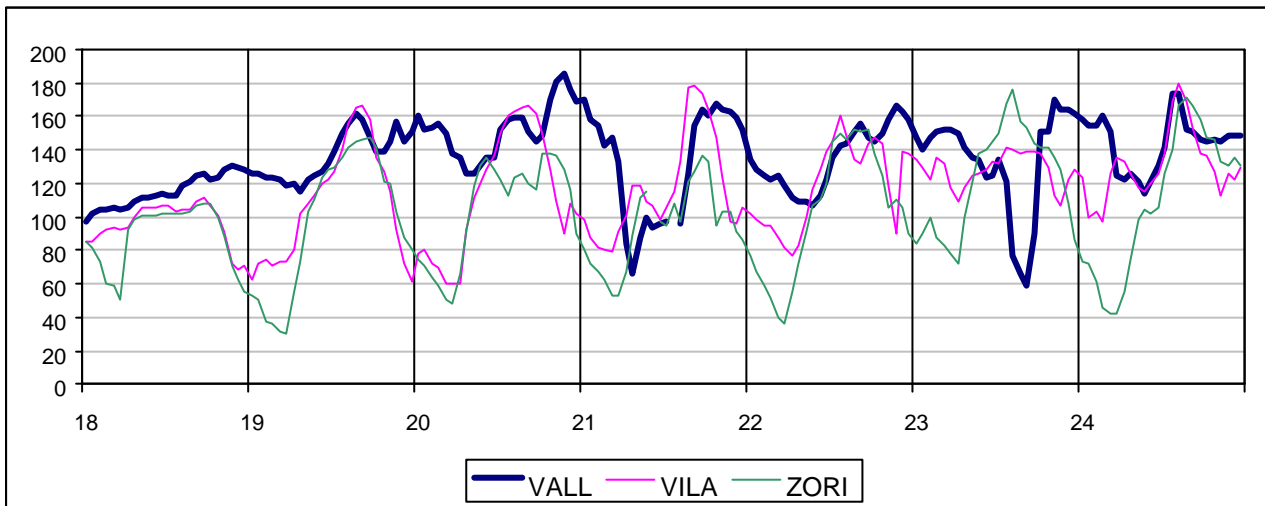
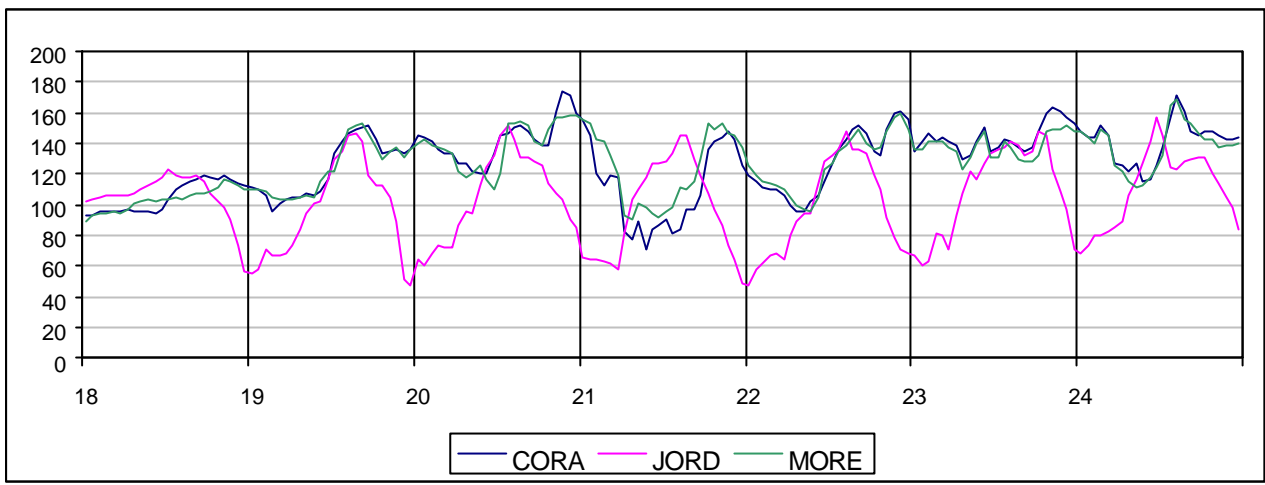
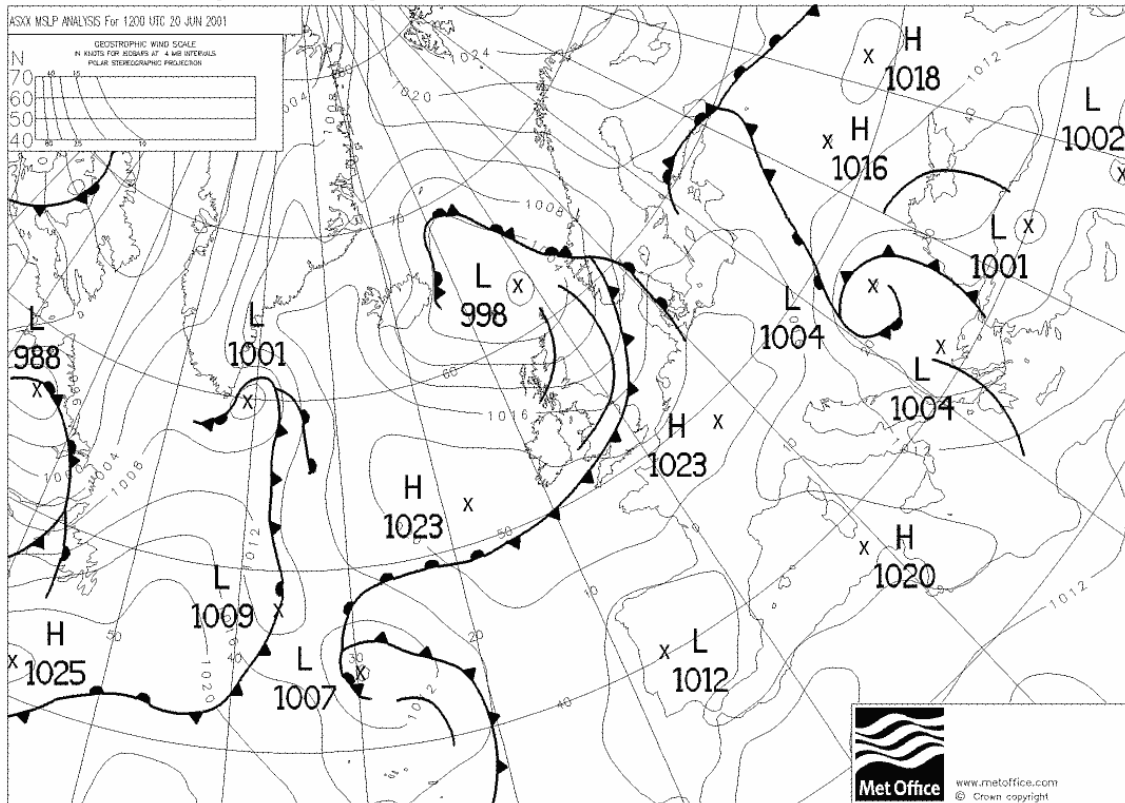
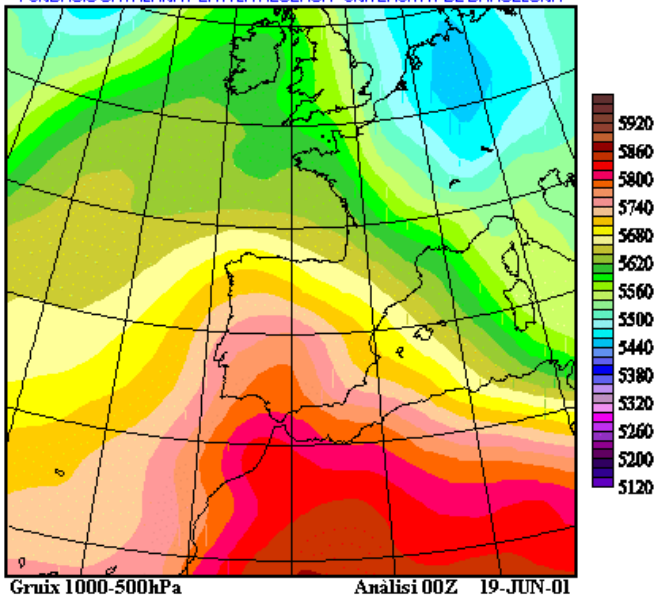


Figura 14 Evolución de la concentración (medias horarias) de ozono($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 18 al 24 de Junio.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
 Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA

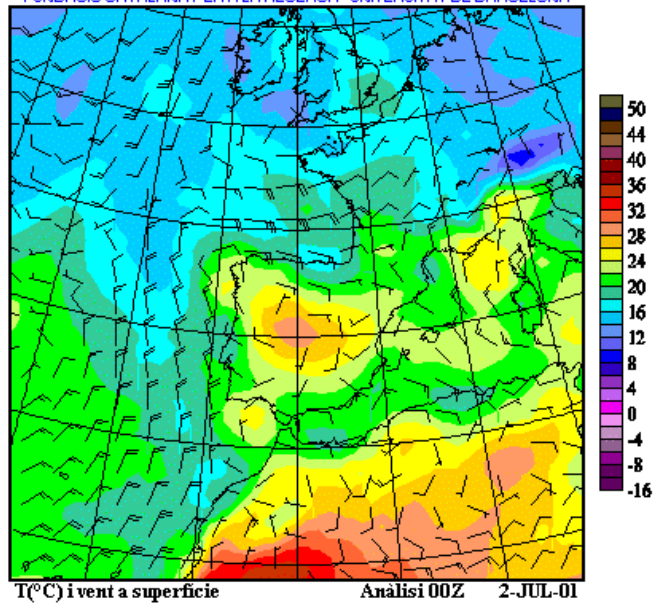


Figura 15 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 20 de Junio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, diferencia entre 1000hPa y 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento en superficie.

2.4.4 Episodio del 2 de Julio de 2001.

Episodio caracterizado por la superación del umbral de información a la población en la estación de Vilafranca, entre las 15:00 y las 17:00 horas UTC.

Tabla 14 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca.

| Hora (UTC) | Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|------------|---------------------------------------|
| 15:00 | 181 |
| 16:00 | 185 |
| 17:00 | 180 |

Las condiciones atmosféricas vienen caracterizadas por la presencia de un anticiclón en el Atlántico que se extiende hacia el Mediterráneo y el centro de Europa. Los gradientes de presión, tanto en superficie como en niveles altos de la atmósfera son poco intensos, lo que favorece una circulación local (Figura 19).

Por tanto, las elevadas concentraciones se ven favorecidas por la elevada insolación, y el confinamiento local debido a la recirculación y la poca ventilación vertical.

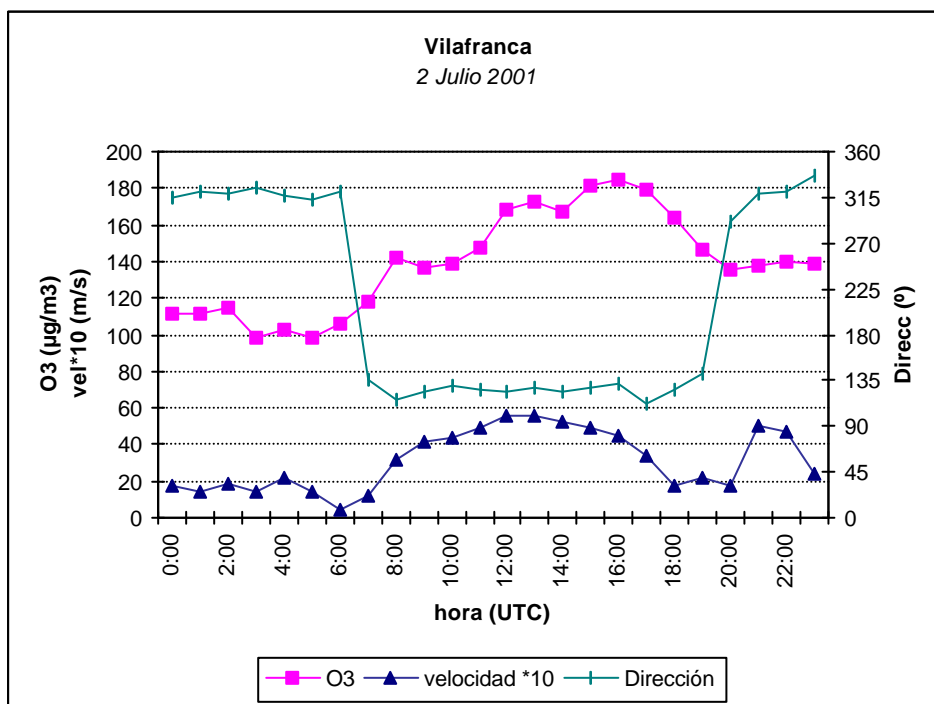


Figura 16 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 2 de Julio en el emplazamiento de Vilafranca.

En el ciclo de evolución diario se observa un incremento sobre las 8:00 UTC, lo que podría indicar la presencia de ozono acumulado en altura. Ya que en condiciones típicas de verano la rotura de la capa de inversión se produce, generalmente, entre las 7:00 y las 8:00 UTC (Figura 16).

De esta forma, el aumento en la concentración de ozono a primera hora de la mañana se debe a un transporte vertical de ozono. No obstante, el máximo horario diario es causa del transporte horizontal motivado por las emisiones producidas durante la jornada.

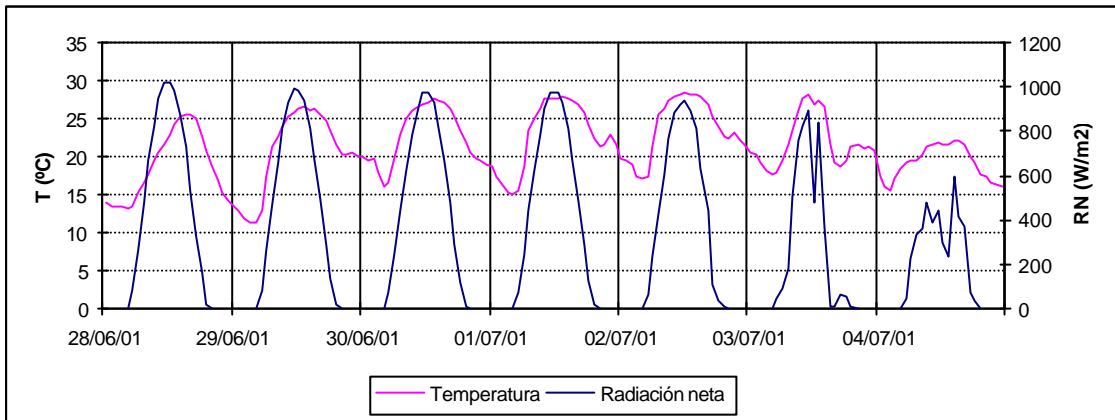
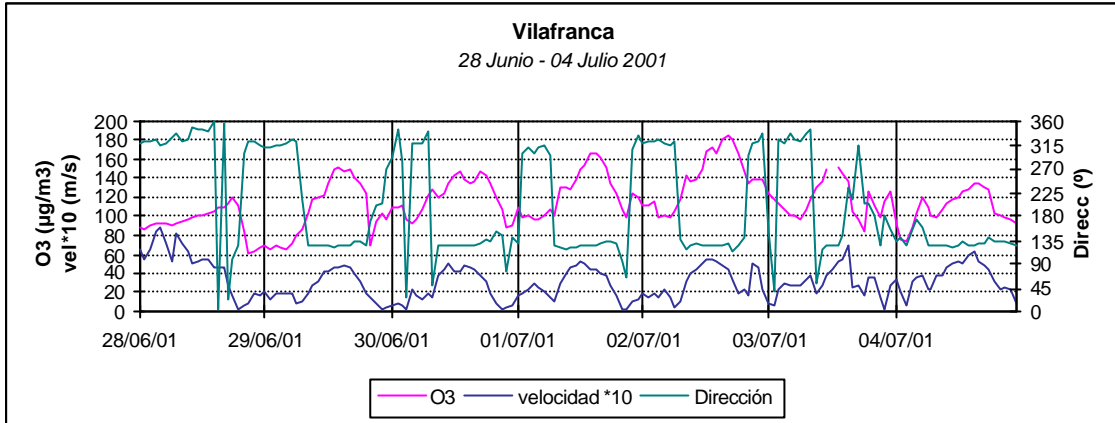


Figura 17 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 28 de Junio al 4 de Julio. **Inferior:** Evolución semanal de temperatura y radiación neta.

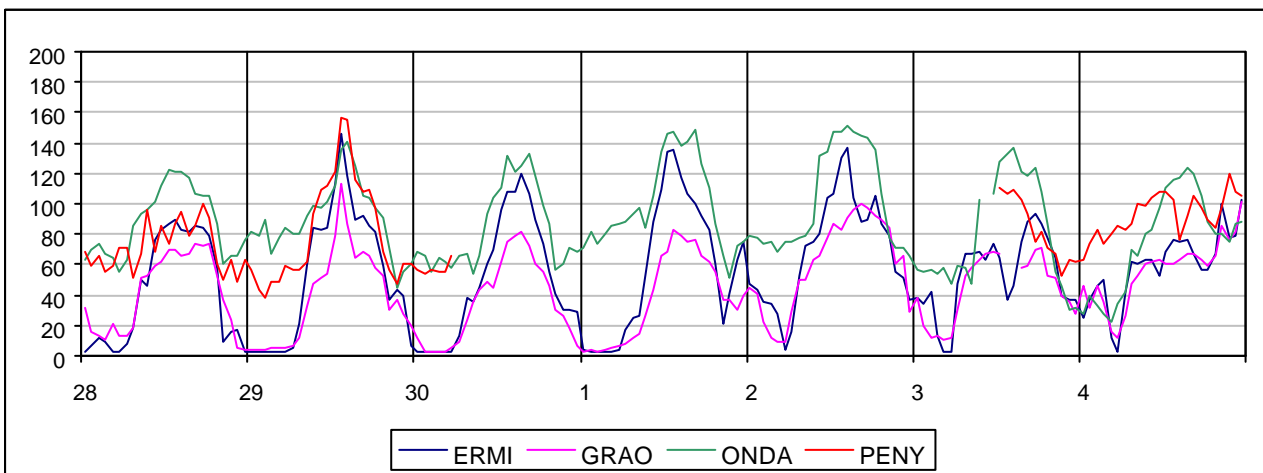
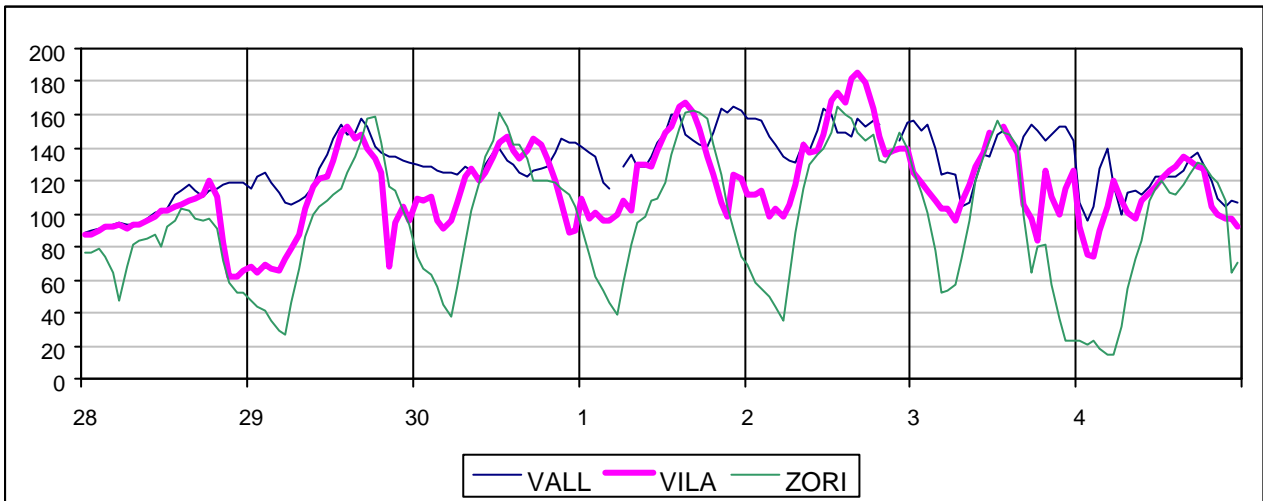
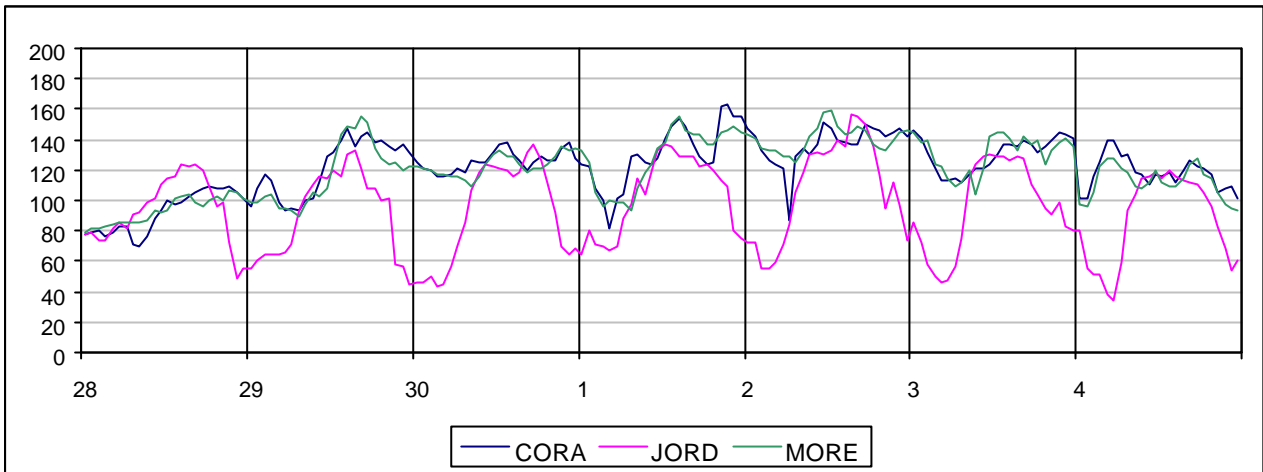


Figura 18 Evolución de la concentración (medias horarias) de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 28 de Julio al 4 de Agosto.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
 Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>

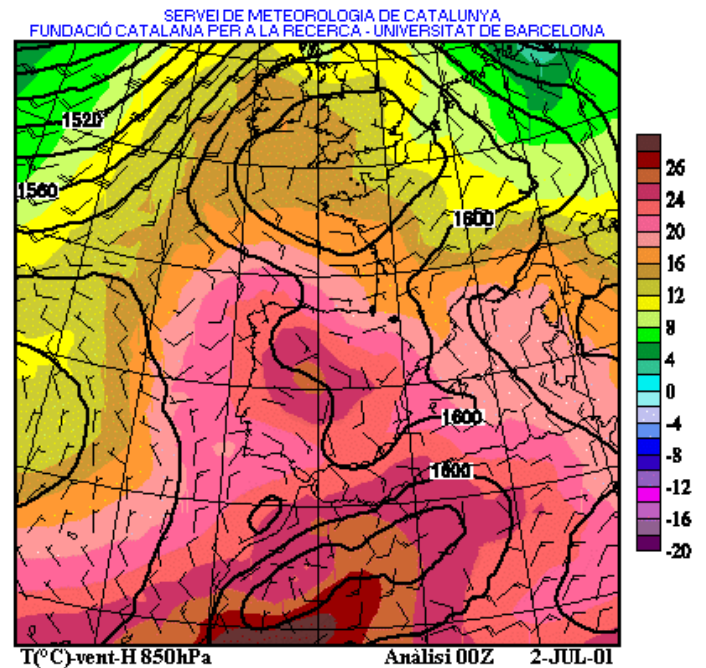
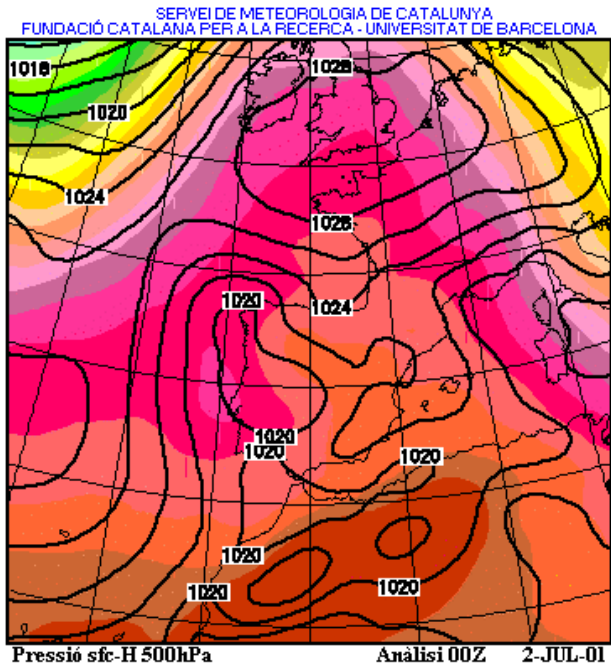
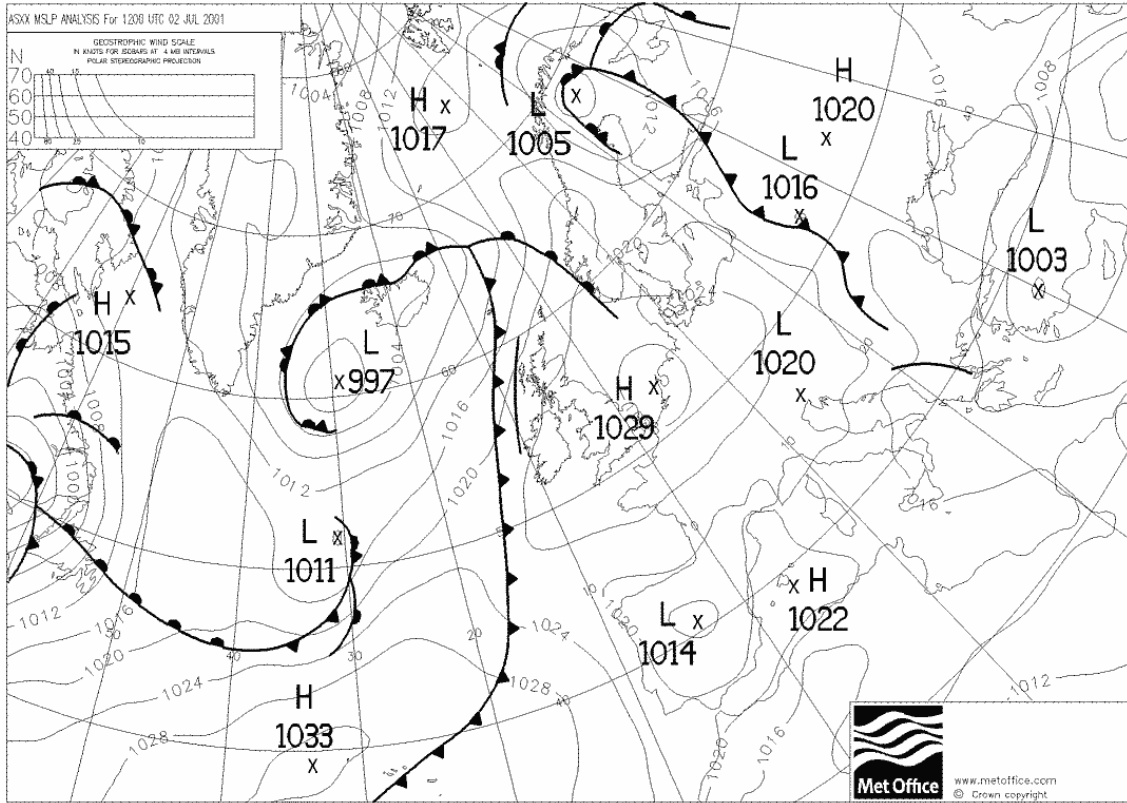


Figura 19 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 2 de Julio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa.

2.4.5 Episodio del 28 de Julio de 2001.

Se produce la superación del umbral de información a la población en tres de las estaciones de la RAVCA: Sant Jordi, Penyeta y Onda, por este mismo orden. La superación en Sant Jordi se produce entre las 13 y las 15 horas UTC, en Penyeta entre las 17 y las 18 horas UTC y en Onda entre las 18 y las 19 horas UTC.

Tabla 15 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en las estaciones de Sant Jordi, Penyeta y Onda.

| Hora (UTC) | Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | |
|---------------|---------------------------------------|---------|------|
| | Sant Jordi | Penyeta | Onda |
| 13:00 | 181 | | |
| 14:00 | 186 | | |
| 15:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 17:00 | | 197 | |
| 18:00 | | | 182 |

Las condiciones meteorológicas durante la jornada del 28 de Julio están presididas por un débil gradiente de presiones sobre la Península Ibérica, acompañado por una dorsal en altura, sobre la vertiente Mediterránea, que aporta condiciones atmosféricas de marcada estabilidad a esta región (Figura 27).

Como consecuencia del elevado calentamiento solar, predominaron en los niveles inferiores ciclos de brisa bien definidos. En las capas altas de la atmósfera, las altas presiones establecieron las condiciones de estabilidad, inhibiendo la mezcla vertical.

Los cielos permanecieron despejados en la región levantina durante la mayor parte del día; manteniéndose las temperaturas en valores elevados (Figuras 23-25).

La evolución de los niveles de ozono estuvo determinada por los procesos recirculatorios, que desde días atrás estuvieron protagonizando la dinámica atmosférica de esta región, contribuyendo a la “recarga” de los niveles inferiores de la troposfera.

Durante el día 27 se observa, en los mapas de altura, como va entrando una vaguada asociada a una borrasca atlántica desde el NE peninsular, pero no penetra tanto como se prevé, sino que se descuelga sobre las costas portuguesas, y aunque en la región del levante existe cierta nubosidad (lo que disminuye la insolación), la circulación general es de Levante, por lo que existe un potenciamiento de la brisa.

La persistencia de los procesos recirculatorios asociados a las brisas, el mantenimiento de altas temperaturas y la alta insolación posibilitaron el incremento de los niveles de ozono.

Para un análisis más particularizado a cada una de las estaciones, se estudia el ciclo diario del 28 de Julio de 2001, en las Figuras de la 20-22 se representa el mismo para todas las estaciones en las que se supera el umbral de información.

- *Sant Jordi*: Parte de una concentración nocturna en torno a los $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, y muestra un incremento temprano de la concentración, con una pendiente bastante acusada a partir de las 7 horas UTC. El máximo se sitúa alrededor del mediodía solar (13-14 UTC), por lo que la producción fotoquímica parece ser un factor importante (Figura 20).
- *Penyeta*: En el ciclo diario aparece un mínimo muy marcado sobre las 2 horas, y aunque parte de una concentración nocturna más elevada que Sant Jordi, la pendiente incremental no es tan brusca, por lo que las concentraciones son más bajas durante la mañana. No aparece ningún máximo local sobre las 7-8 horas, por lo que no se piensa en un aporte vertical. Durante el intervalo de 13 a 14 horas UTC se produce un incremento brusco de los niveles, descendiendo a la hora posterior en más de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta subida abrupta nos hace descartar que se deba a un proceso recirculatorio, y es más probable que se deba a una llegada de masa de aire rica en ozono (Figura 21).
- *Onda*: Parte de una concentración similar a la de Sant Jordi, pero sobre las 7-8 horas UTC se produce un máximo local, lo que nos hace pensar en una posible aportación vertical. La concentración va aumentando paulatinamente, y el máximo se produce a las 18 horas UTC. A esa hora ya no cabe pensar en un transporte vertical sino en el transporte horizontal como el único origen de las altas concentraciones de ozono (Figura 22).

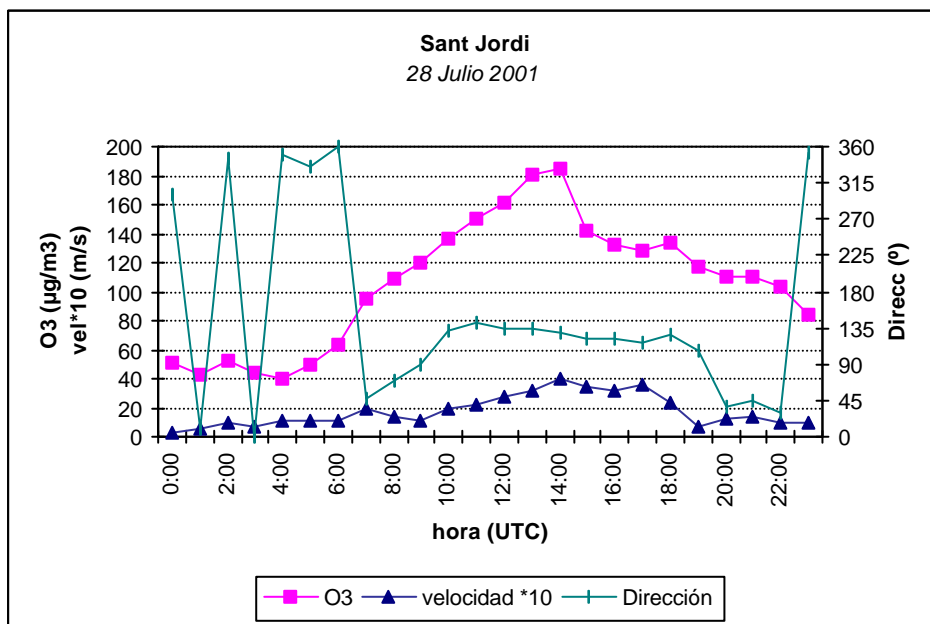


Figura 20 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 para el emplazamiento de Sant Jordi.

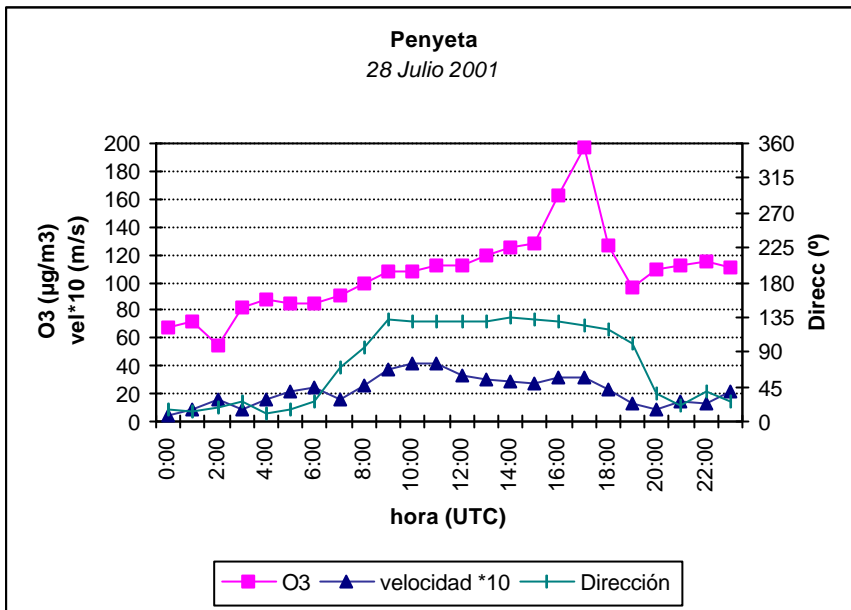


Figura 21 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 en el emplazamiento de Penyeta.

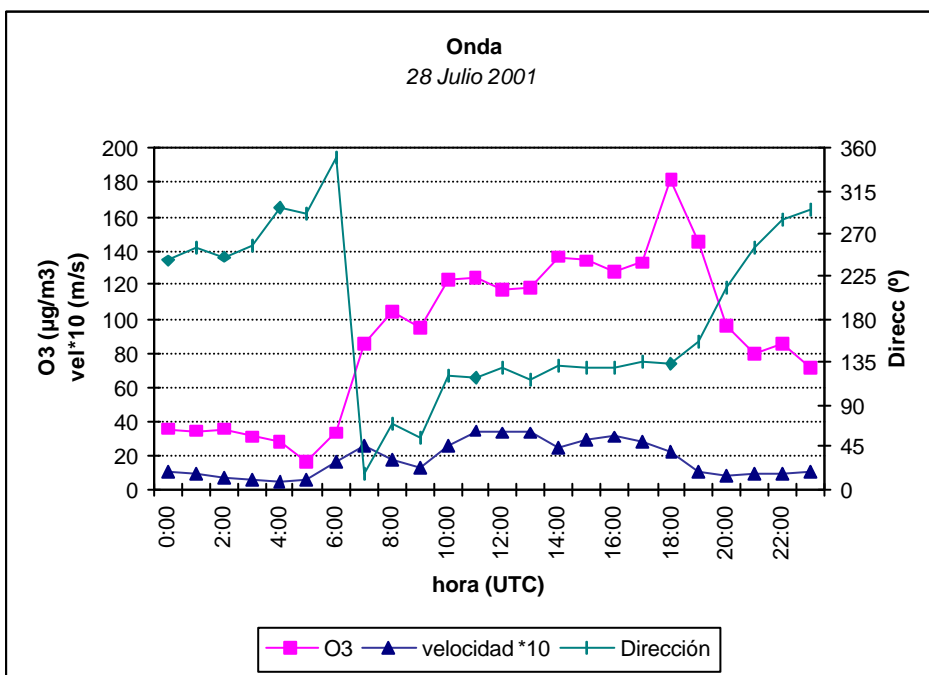


Figura 22 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 en el emplazamiento de Onda.

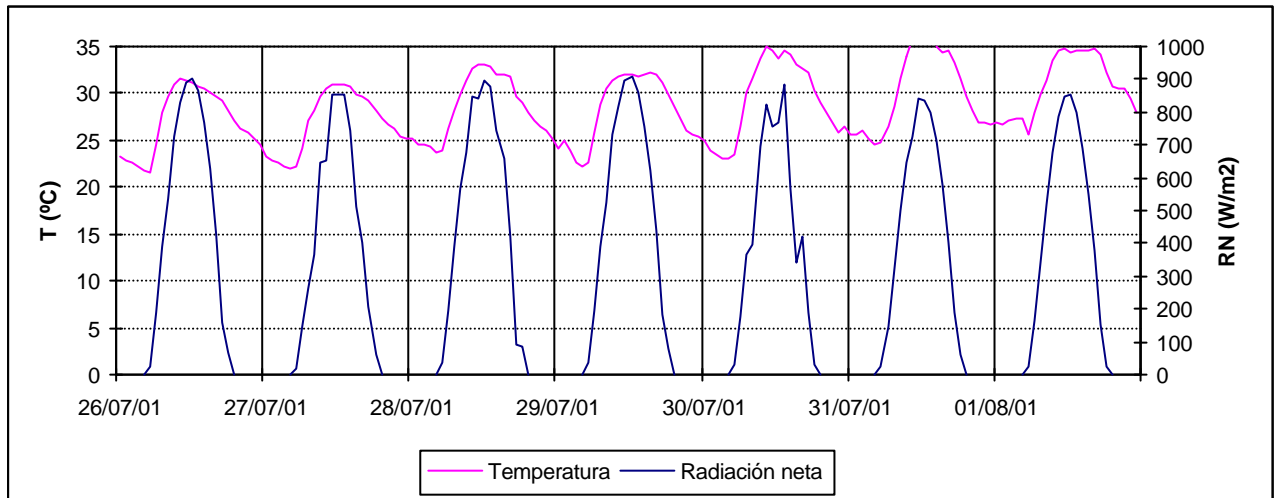
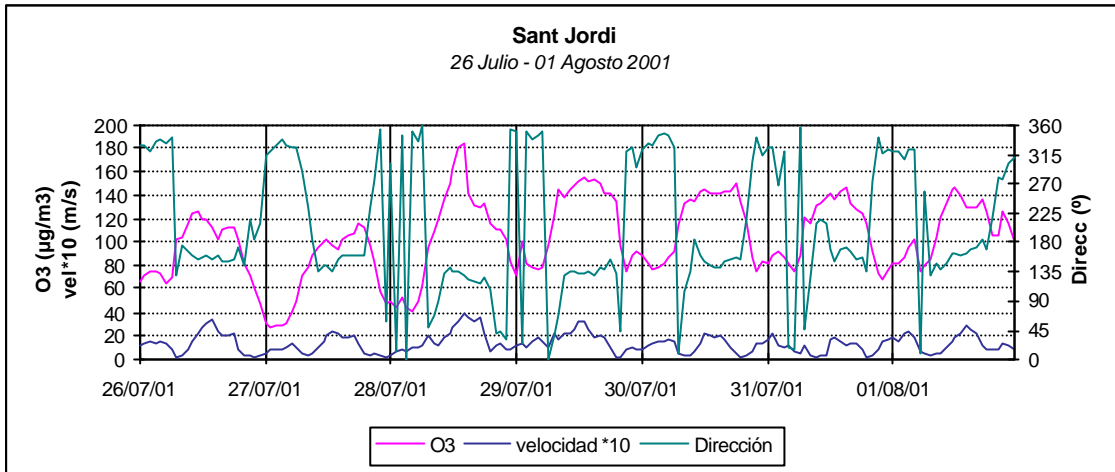


Figura 23 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Sant Jordi para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta.

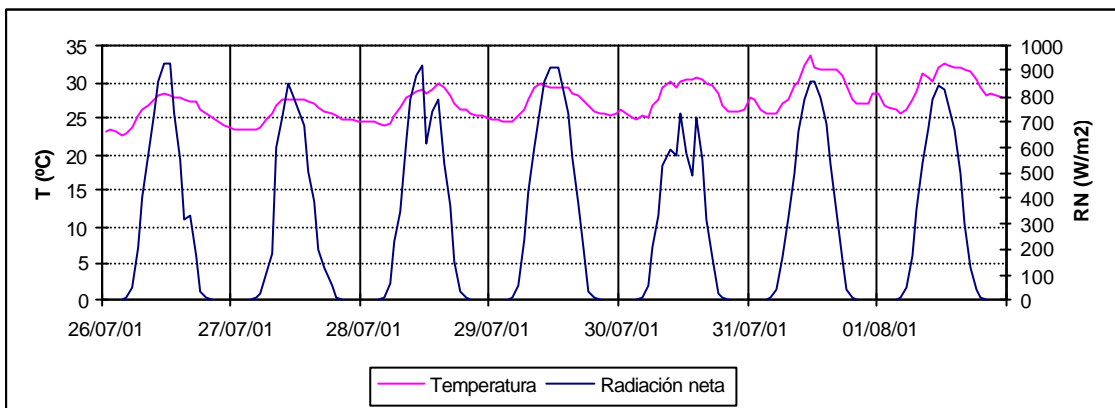
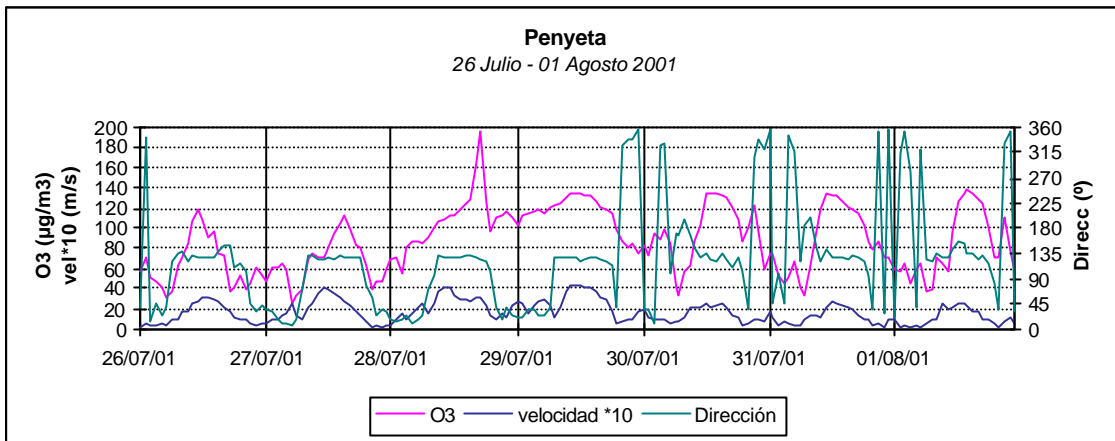


Figura 24 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo.

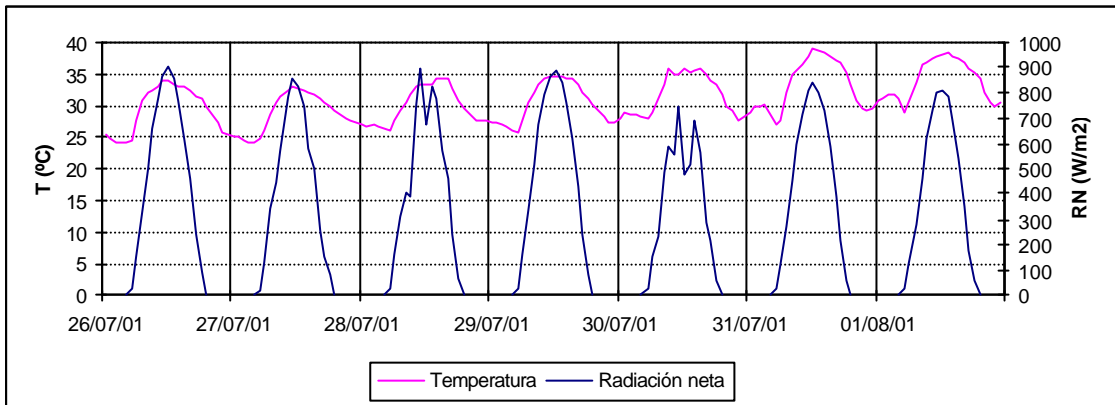
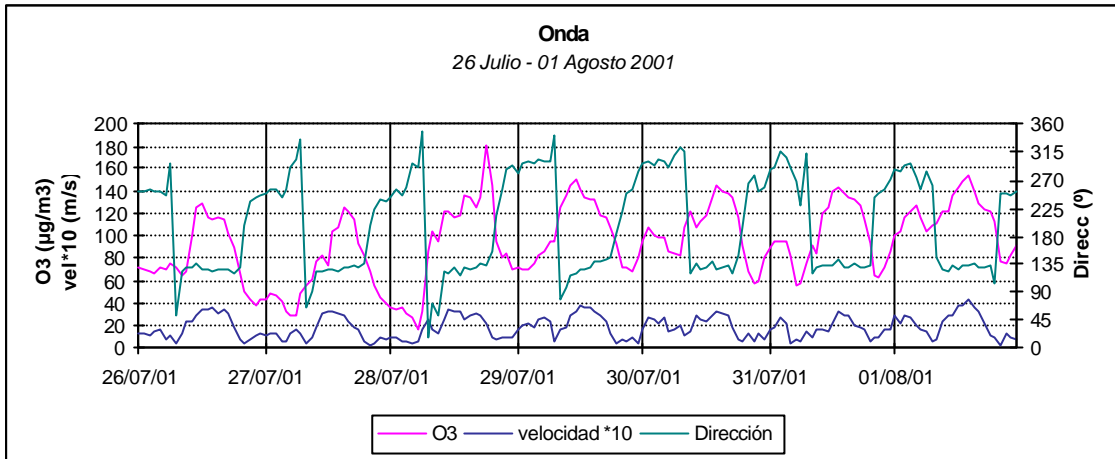


Figura 25 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Onda para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo.

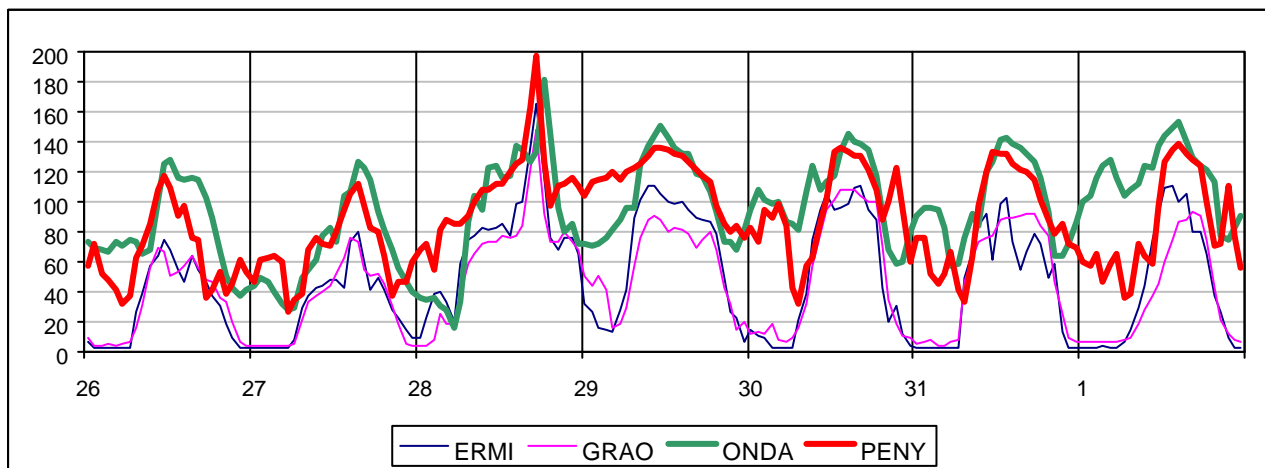
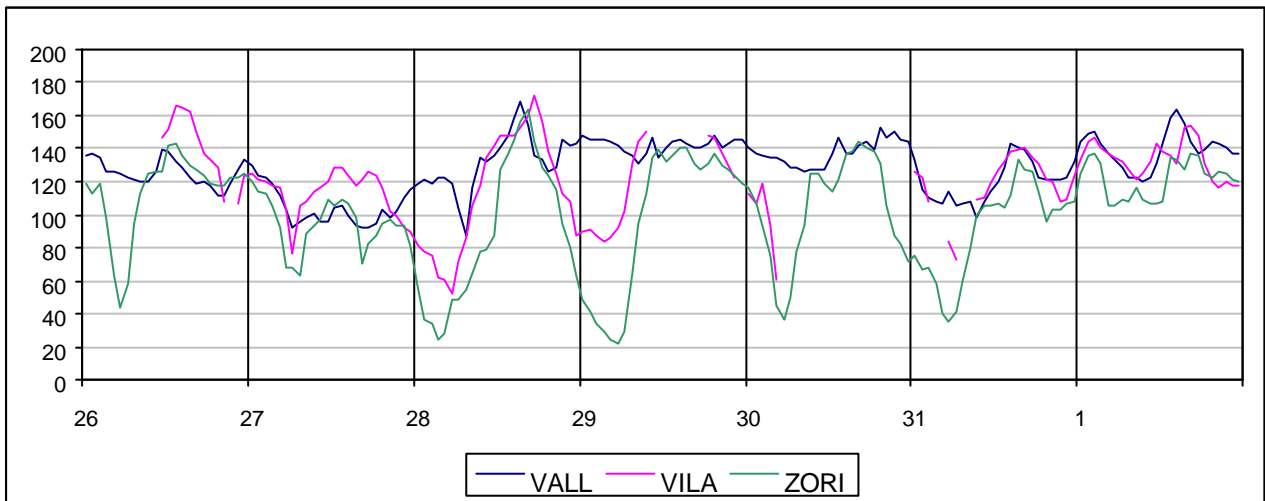
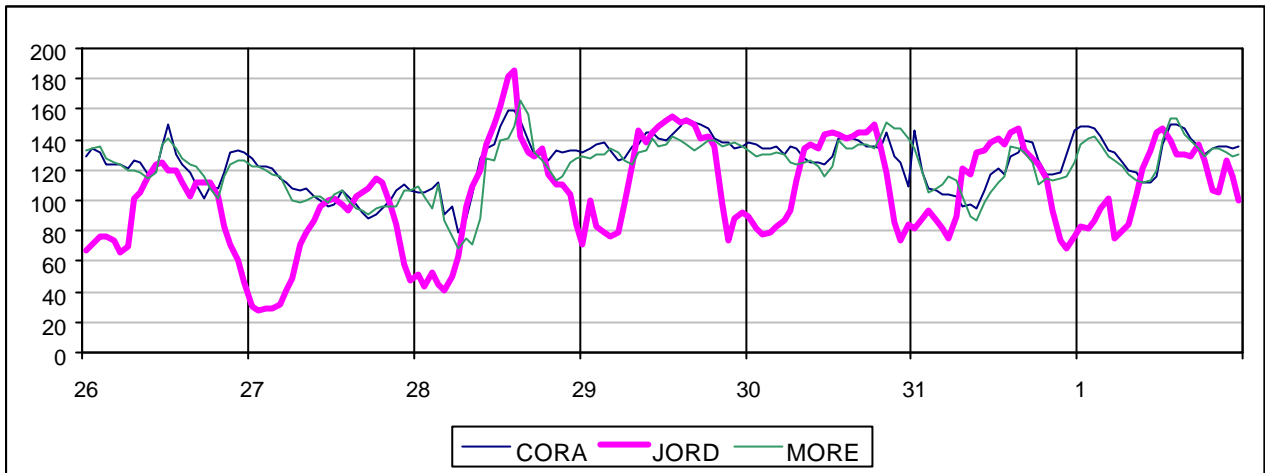
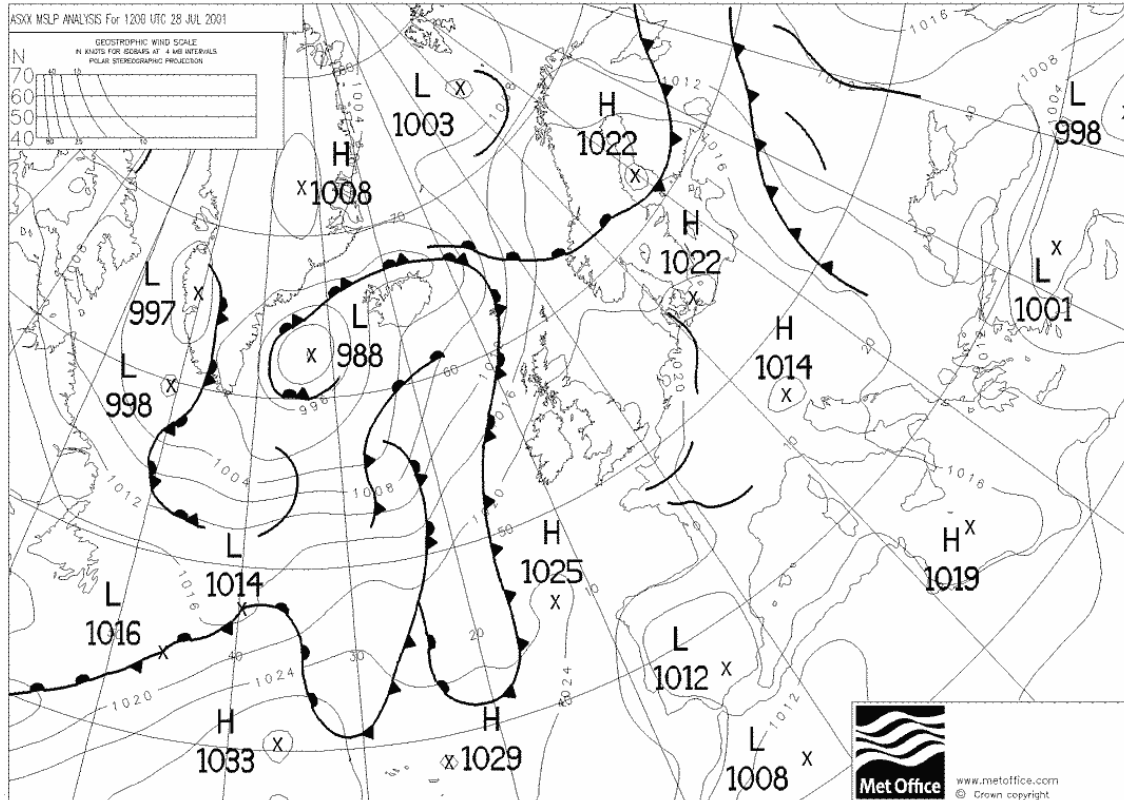
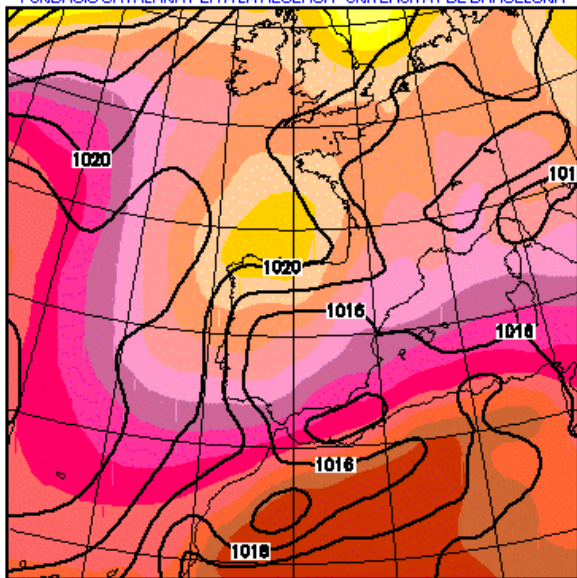


Figura 26 Evolución (medias horarias) de la concentración de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
 Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA

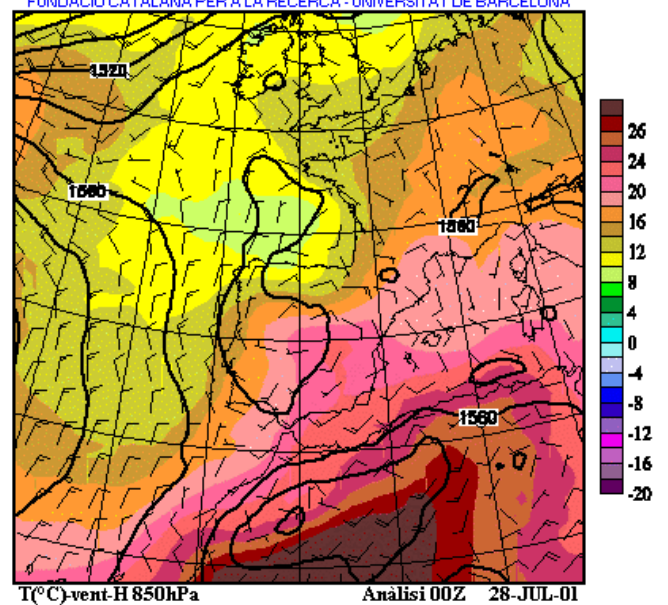


Figura 27 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 28 de Julio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa.

2.4.6 Episodio del 2 de Agosto de 2001.

Se produce una superación del umbral de información a la población en la estación de Vilafranca. En horas nocturnas su concentración es ya elevada. Durante las 7-8 horas UTC se aprecia un máximo local bien marcado, lo que podría indicar la presencia de ozono acumulado en altura. El máximo de concentración, que da lugar a la superación, se encuentra entre las 13 y las 15 horas UTC.

Tabla 16 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca.

| Hora (UTC) | Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|---|
| 13:00 | 183 |
| 14:00 | 191 |
| 15:00 | 184 |

La situación atmosférica es de estabilidad, y los procesos de recirculación mantienen los niveles de ozono muy homogéneos en toda la red. En los mapas de altura se observa una bolsa de aire frío, pero solo afecta a la vertiente atlántica peninsular, en el Este comienza en altura la entrada de una masa de aire cálido proveniente de Africa (Figura 31).

Los vientos de componente Este-Nordeste refuerzan los ciclos de brisa. Las condiciones son, por tanto, propicias a la recirculación y la producción fotoquímica de ozono.

En el resto de las estaciones de la RAVCA las concentraciones de ozono se mantienen por debajo de los $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el emplazamiento de Vilafranca se observa un paulatino incremento de los niveles (Figura 30).

Durante los días anteriores a la superación del umbral se registró una dirección de viento sostenida de componente SE. Durante la jornada del día 2 de Agosto la brisa penetra hasta Vilafranca, y se registran velocidades de hasta 6 m/s; con el consecuente incremento de las concentraciones máximas de ozono.

En la Figura 29 puede observarse como tanto en los días previos a la superación como en el día de la misma, los cielos se mantienen despejados durante todo el día. Esto puede comprobarse en la ausencia de picos en la serie de radiación neta.

En este caso los factores principales parecen ser el confinamiento de la masa aérea y la producción fotoquímica.

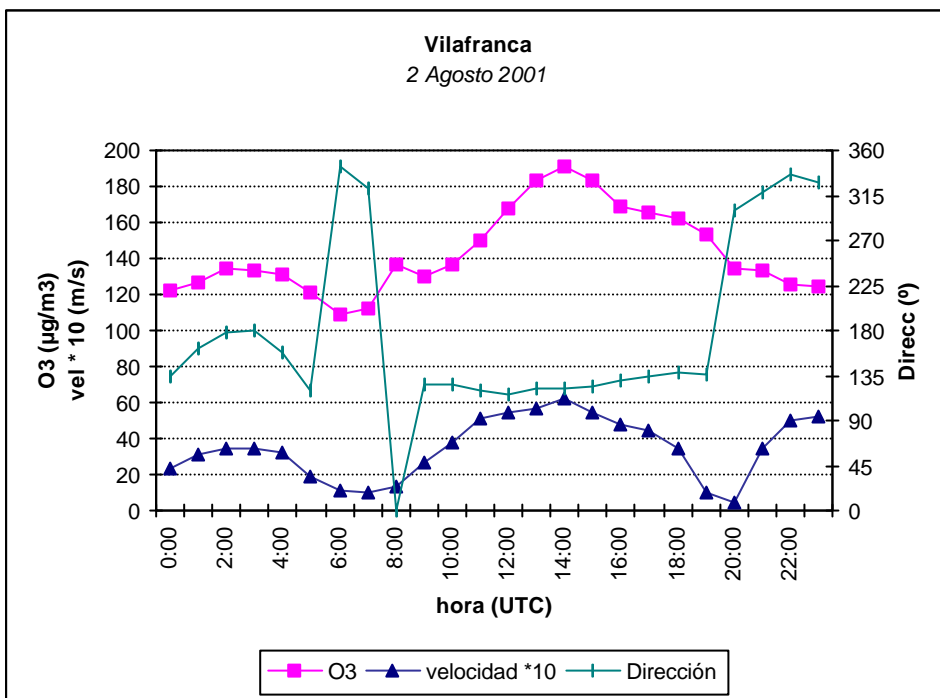


Figura 28 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 2 de Agosto de 2001 en el emplazamiento de Vilafranca.

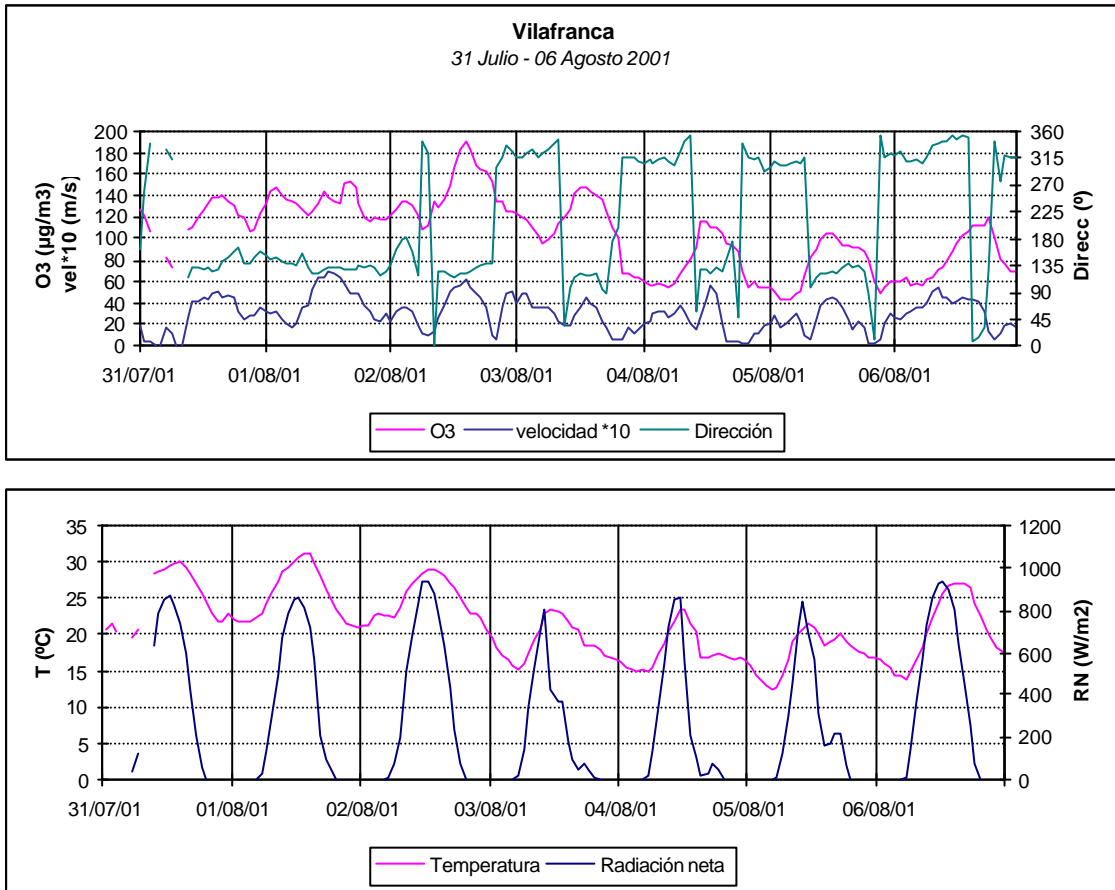


Figura 29 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 31 de Julio al 6 de Agosto. **Inferior:** Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo.

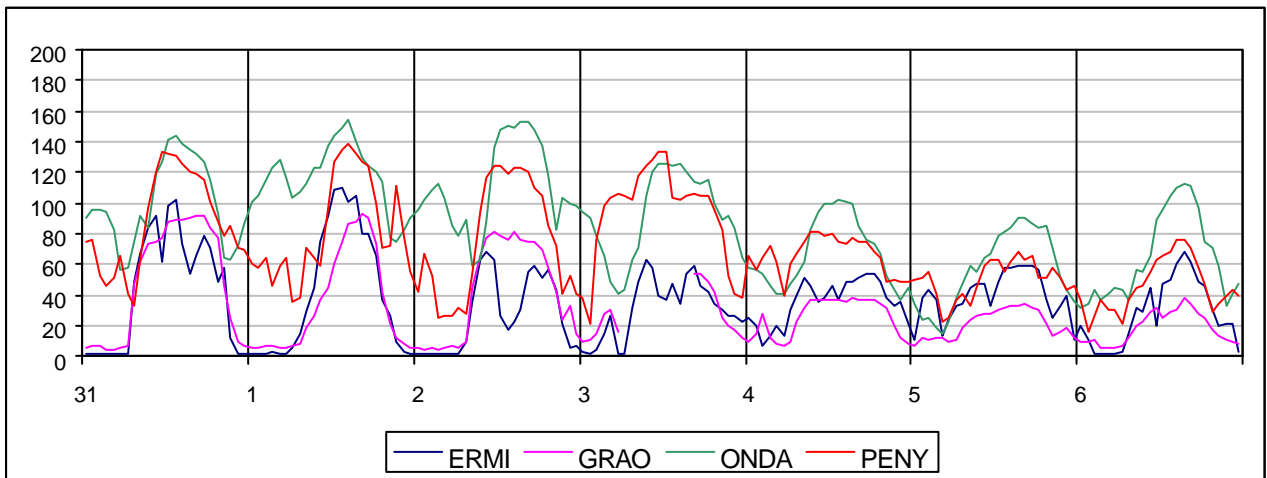
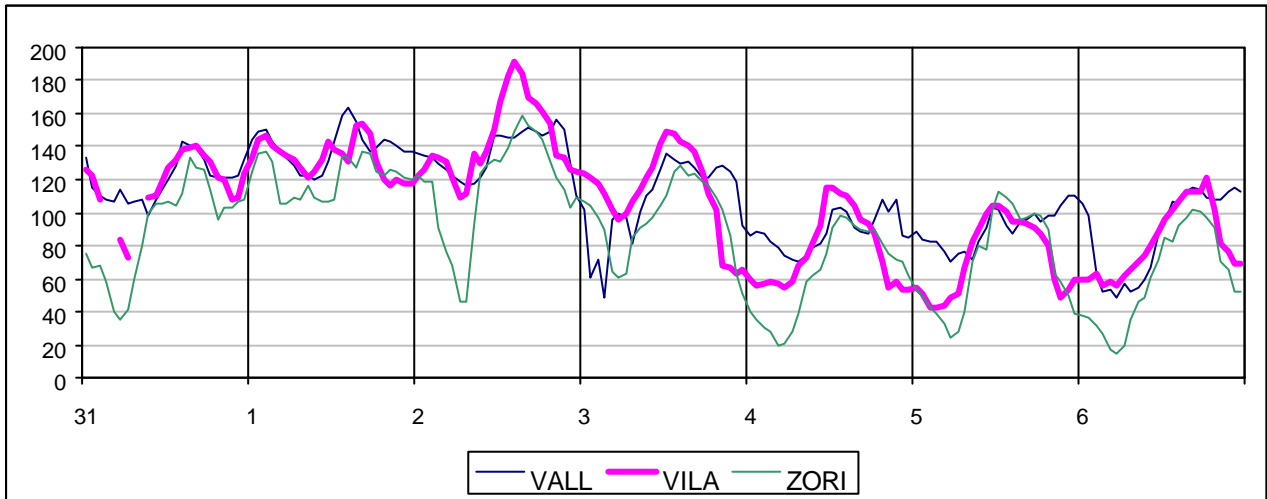
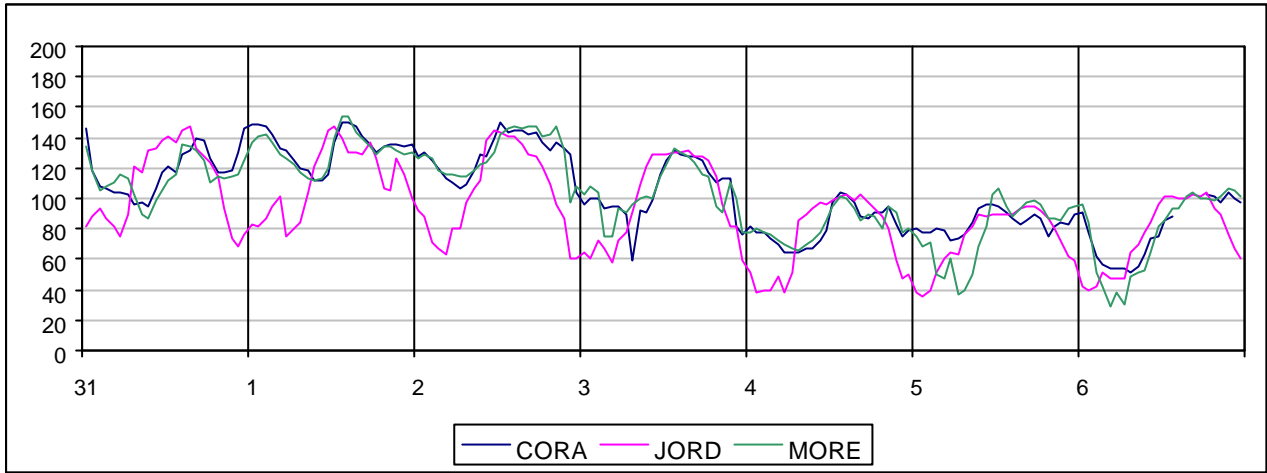
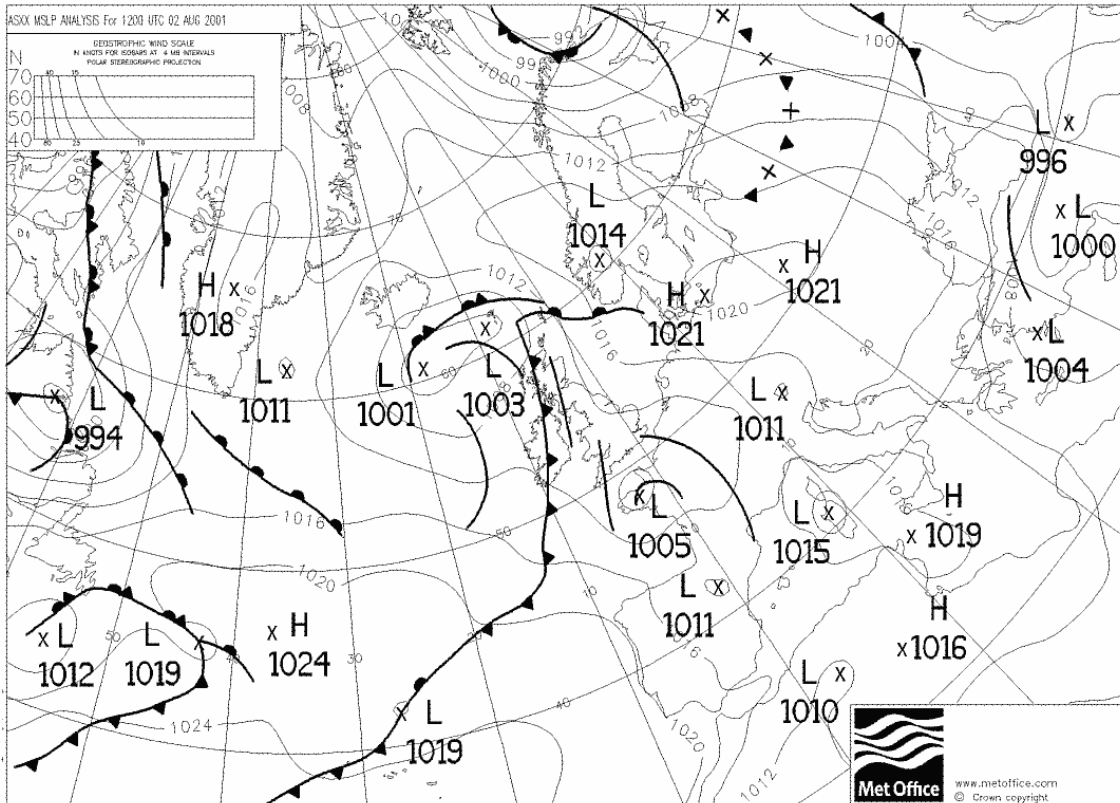
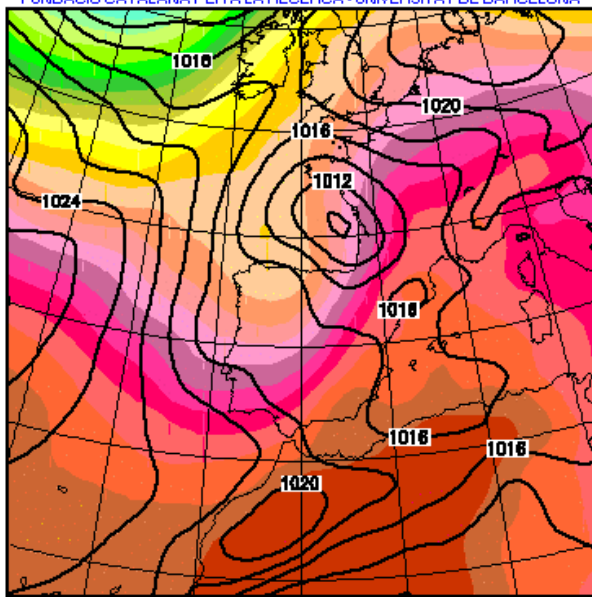


Figura 30 Evolución (medias horarias) de la concentración de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 31 de Julio al 6 de Agosto.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
 Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA



SERVEI DE METEOROLOGIA DE CATALUNYA
 FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA - UNIVERSITAT DE BARCELONA

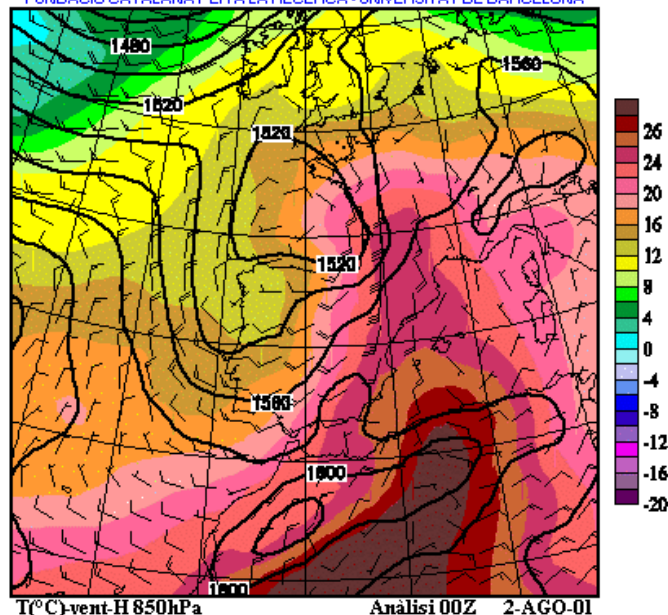


Figura 31 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 2 de Agosto de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa.

2.5 *Condicionantes en la superación del umbral de información a la población*

Se puede concluir, de forma general, que la contribución predominante al aumento del ozono troposférico en la Comunidad Valenciana es debida fundamentalmente al transporte horizontal (recirculación) y la formación fotoquímica, ambos mecanismos determinados en gran medida por procesos atmosféricos mesoescalares. Por ello resulta de vital importancia el estudio de las circulaciones locales y regionales y su relación con la dinámica de contaminantes, para la predicción de situaciones de alta contaminación en la cuenca mediterránea.

En cuanto al aporte vertical a primeras horas de la mañana de capas de reserva en altura, los estudios realizados no son del todo concluyentes, ya que aunque en las estaciones de Vilafranca y Onda se observe un máximo local, coincidiendo con la ruptura de la capa de inversión, este podría ser explicado, con mayor o menor acierto, por cualquiera de las otras dos contribuciones. En la estación de Onda, se encuentra cerca de una zona industrial (zona de emisión de precursores), por lo que en verano sobre las 8 y las 9 horas UTC (las 10-11 hora local) ya podría estar produciéndose actividad fotoquímica.

En cuanto a la estación de Vilafranca, esta estación se encuentra alejada de zonas importantes de emisión de precursores, y se trata, además, de una estación de altura, por lo que el aporte vertical no queda descartado bajo ciertas condiciones meteorológicas.

Un estudio más aclaratorio necesitaría del soporte de sondeos meteorológicos y de ozono en situaciones anticiclónicas de estabilidad atmosférica, que nos permitieran determinar cuál es el aporte principal de ozono.

La utilización de sondeos verticales de ozono aportaría más luz a la caracterización experimental de episodios regionales de contaminación fotoquímica.

Las altas presiones, la insolación, la recirculación de una masa aérea contaminada y la escasa ventilación parecen ser la causa de que en algunos puntos de la Comunidad, principalmente los situados en la mitad norte y en el interior, alcancen niveles de concentración de ozono elevados.

En cuanto a la *situación sinóptica* durante estos días de elevada concentración de ozono se observa la repetición sistemática de un patrón en el que los mapas de presión en superficie a medio día presentan una situación anticiclónica de estabilidad atmosférica, con el centro de altas presiones situado mayoritariamente sobre el Atlántico, aunque también puede aparecer en las Islas Británicas, en Europa o en el Mediterráneo. También es frecuente la formación de una baja térmica relativa en el interior de la Península, consecuencia del intenso calentamiento.

En altura se observa una dorsal de aire cálido proveniente de Africa, lo que inhibe la mezcla vertical de la masa aérea.

Esta situación de escaso gradiente de presiones (pantano barométrico), sobre todo si persiste durante varios días, implica la no presencia de un viento general o sinóptico de velocidad apreciable y dirección definida, por lo que cobran mayor importancia los flujos de viento regionales y locales, modulados por la topografía, el ciclo diario de brisa y los usos de suelo. De esta forma, el estudio de situaciones típicas y su influencia en la dinámica de contaminantes y la caracterización de las estaciones de la RAVCA de acuerdo a la tipología del ozono, nos aportarán otro punto de vista al problema de la contaminación por ozono

Estudios realizados en el entorno de la Comunidad Valenciana ponen de manifiesto la importancia de los procesos locales en la dinámica de contaminantes en la cuenca mediterránea (Millán, M. *et al.*, 2000). Por ello, cualquier modelo computacional o interpretación de los datos experimentales necesita tener en cuenta estos procesos.

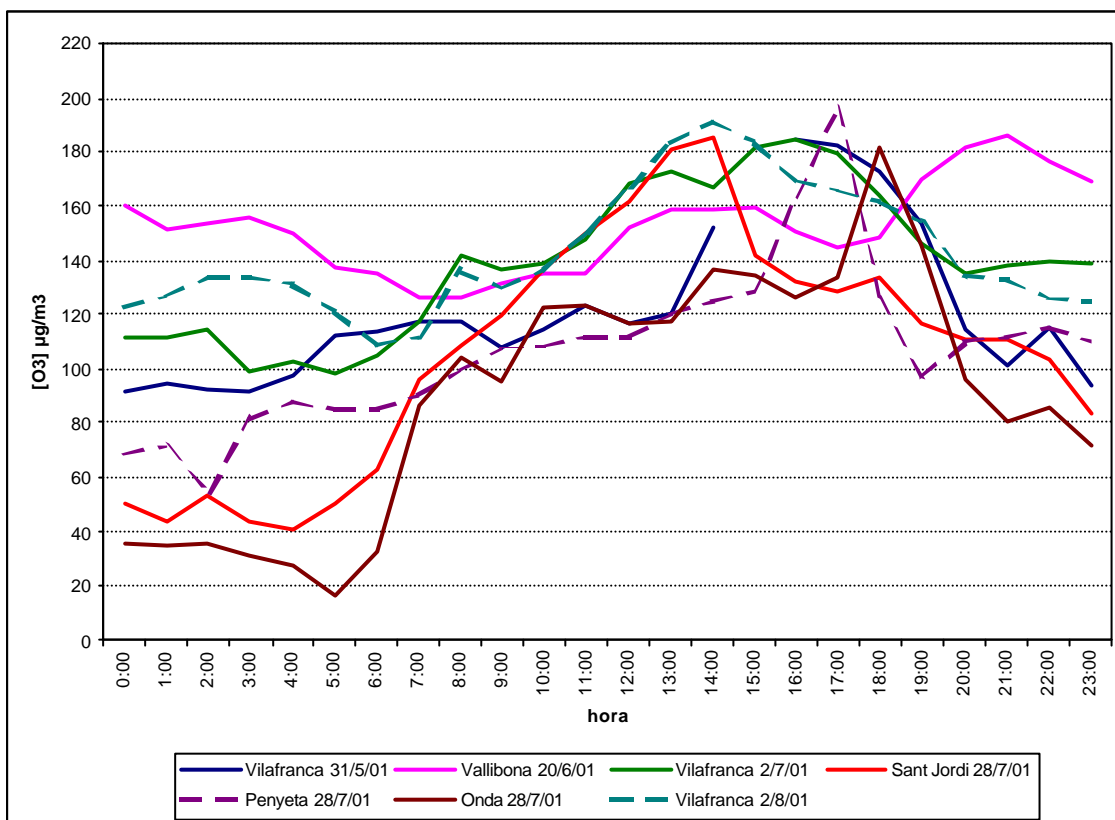


Figura 32 Ciclo diario promedio de las estaciones de la RAVCA donde se registró una superación.

En la Figura 32 se representa el ciclo diario para los distintos emplazamientos en los que se ha registrado una superación del umbral de información a la población, durante la presente campaña, lo que nos permite una comparación de los diferentes ciclos diarios con mayor facilidad.

El inicio del incremento de los valores de ozono se produce coincidiendo con el inicio del calentamiento solar, y se ve claramente en las estaciones de Onda y Sant Jordi. Este incremento se debe al efecto de la fumigación del ozono almacenado en estratos superiores.

En la estación de Vilafranca se observa cómo, en todos los días de superación del umbral, se registra un segundo incremento de las concentraciones, que inicia entre las 12 y 14 UTC. Se corresponde a la entrada de la brisa, que procedente del litoral arrastra las emisiones costeras, y que provoca un aumento de la concentración de ozono.

El máximo horario se registra, en todas las estaciones, con posterioridad a las 13 UTC (aproximadamente las 15 hora local). En los casos concretos de Penyeta, Onda y Vallibona el máximo se registra pasadas las 16 UTC. Cabe realizar una mención especial al caso de Vallibona, donde el máximo se registra a las 20 UTC, es decir, durante la noche.

El entorno en el que se encuentra cada una de las estaciones de medida condiona los procesos meteorológicos a los que se encuentra sometida, por lo que el patrón de contaminación, que registre a lo largo del tiempo, variará sustancialmente.

2.6 Estudio multivariante de la tipología diaria del ozono

La principal característica del ozono es que se trata de un contaminante secundario, es decir, no se genera como resultado de una actividad antropogénica (salvo en algunos casos muy particulares), si no que se produce como resultado de complejas reacciones fotoquímicas en las que intervienen los precursores y la radiación solar. En una estación de medida los registros son la suma tanto de la producción propia de la zona, como del transporte horizontal y vertical.

A través de la tipificación de los ciclos diarios es posible compendiar gran cantidad de información relativa a los procesos que afectan a un emplazamiento. La clasificación de las estaciones no siempre resulta fácil, dado que resulta complejo el conocer todas las características de un emplazamiento.

Los registros meteorológicos y de contaminación en una red de calidad ambiental reflejan la combinación superpuesta de todos los procesos que afectan al ciclo diario de ozono (los procesos meteorológicos, la orografía, los usos de suelo, las emisiones, etc.), pero en la mayoría de las ocasiones estos procesos no son fáciles de identificar y discriminar, lo que supone un problema a la hora de la interpretación y explotación de las medidas.

Los objetivos planteados, al empezar este trabajo, consisten en determinar la capacidad de la RAVCA para distinguir las situaciones tipo (previamente caracterizadas) y en caso afirmativo desarrollar un procedimiento fiable para distinguir las diferentes situaciones que pueden dar lugar a elevadas concentraciones de ozono o a una limpieza atmosférica. Para ello, uno de los posibles caminos a seguir, es el análisis multivariante.

Los resultados que se presentan a continuación, son muy preliminares y actualmente se está trabajando sobre ellos, por este motivo no deben entenderse como una clasificación de las estaciones, si no como una parte de un estudio que cobrará forma cuando se cumplan los objetivos.

Para una primera aproximación al problema, se utilizaron las técnicas de cluster, y más concretamente las técnicas de clasificación jerárquica aglomerativa. Este análisis se basa en la búsqueda de grupos similares de individuos o de variables que se van agrupando en conglomerados, clasificándolos en grupos lo más homogéneos posibles.

Las técnicas de cluster jerárquicas aglomerativas producen particiones a partir de una serie de sucesivas fusiones de los n individuos (concentración de ozono en cada una de las estaciones) en grupos (conglomerados). Una vez están fusionados, es irreversible, es decir, cuando un individuo es colocado en un grupo, no puede aparecer en otro grupo. Una vez realizada la clasificación, es el investigador quien decide la división.

La complejidad en los ciclos diarios de ozono hace que algunas estaciones no tengan una ubicación tan clara, ya que su ciclo diario puede pertenecer a más de un grupo. Es decir, dentro de una misma estación pueden darse patrones muy diferentes en función de las condiciones de contorno.

La clasificación de las curvas diarias de las concentraciones medias horarias de ozono se realiza mediante el análisis de conglomerados jerárquicos de Ward. En la Figura 33 el árbol de conglomerados ilustra como se van dando las sucesivas fusiones, y los pasos que han sido necesarios, lo que nos da una idea de lo estrecha que es una relación, es decir, la similaridad entre dos grupos o conglomerados.

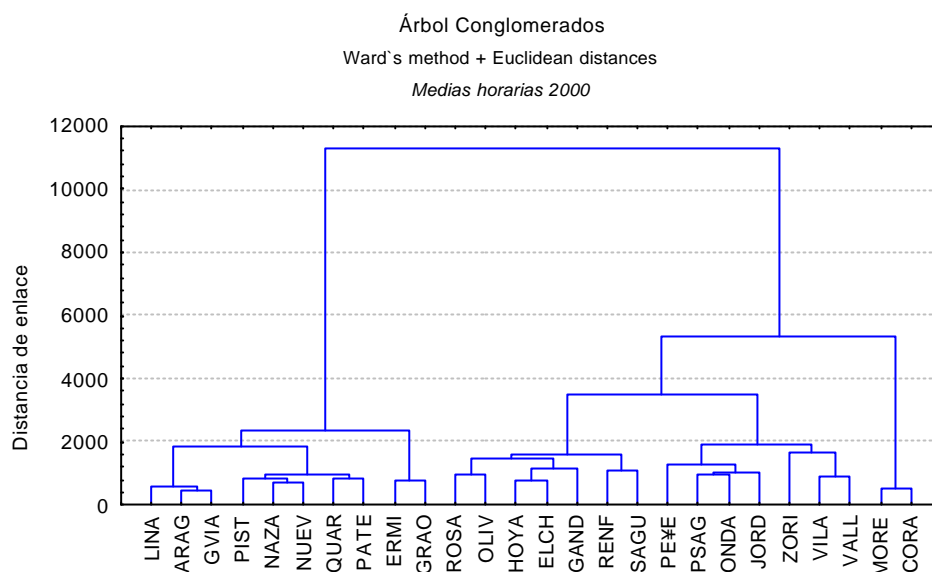


Figura 33 Árbol de conglomerados para la serie temporal de medias horarias de las estaciones de la RAVCA.

Atendiendo a la distancia de enlace representada en la Figura 33, y en el conocimiento del experto, se realiza un corte a la distancia aproximada de 2000, con la consecuente formación de seis grupos bien diferenciados, estrechamente relacionados con las diferentes tipologías del ciclo diario de concentración de ozono. A continuación se detallan los 6 grupos con una escueta descripción de las características de los emplazamientos y la tipología del ciclo de ozono.

En la Figura 34, se puede comparar el ciclo diario promediado para el año 2000, de las estaciones de la RAVCA. La agrupación se corresponde con la clasificación de conglomerados, tomando los seis grupos descritos en este apartado.

En el mapa de la Figura 35 se observa la distribución geográfica de los diferentes grupos. En ella se observa como las agrupaciones se ordenan en función de la distancia a la costa, de la altitud, y también de las emisiones de contaminantes primarios.

Grupos:

A: [CORA, MORE]: Tanto la estación de Coratxà como la de Morella son estaciones de altura, situación que se traduce en vientos de mayor intensidad. Su ciclo diario es difuso, ya que al estar situadas en entornos de altura permanecen, durante las horas nocturnas, dentro de las capas atmosféricas residuales.

En lo referido al régimen de vientos, la estación de Coratxà, al estar en el borde de la cuenca del valle del Ebro se encuentra muy influenciada por la canalización del mismo (vientos del cuarto y segundo cuadrante). En cuanto a la estación de Morella, bajo condiciones sinópticas del Oeste se ve influenciada por el valle del Ebro, que impulsa un flujo del Noroeste; y a través del valle Servol se canaliza la entrada de la brisa, en condiciones sinópticas típicas de verano.

B: [ONDA, PSAG, JORD, PENY]: La estación de Onda esta situada en el curso bajo del Valle de Mijares, en un entorno con varias industrias. Habitualmente se encuentra dentro del régimen de brisas, por lo que presenta un ciclo diurno bien definido.

En cuanto a la estación de Port de Sagunt, esta situada en un entorno costero, encontrándose bajo la influencia de las circulaciones locales de brisa, por lo que los ciclos de ozono adquieren el perfil típico. Se encuentra próxima a un área industrial, aunque ésta queda más al interior.

La estación de Sant Jordi esta ubicada en la vertiente litoral de la cuenca aérea Servol-Els Ports. Su ciclo de ozono también viene marcado por las circulaciones de brisa.

La estación de Penyeta también presenta un ciclo diario marcado, similar al de Onda. Esta influida por las emisiones del tráfico de la ciudad, que penetra durante la brisa diurna.

La explicación de que las estaciones de Grao y Ermita no se encuentren en este grupo es sencilla, ya que aunque son estaciones cercanas a Onda y Penyeta, aunque un poco más hacia el litoral, se diferencia de éstas en que los niveles de ozono no son tan bajos durante la noche. Mientras que en Grao y Ermita se registran valores medios nocturnos entorno a los $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Penyeta y Onda son entorno a $60\mu\text{g}/\text{m}^3$, similares a los registrados en Sant Jordi.

C: [VALL, VILA, ZORI]: Es el grupo más heterogéneo.

La estación de Vallibona es una estación de altura, situada en un entorno lejos de poblaciones, carreteras, es decir, lejos de las emisiones. Su ciclo diario promedio es más similar al de las estaciones de Morella y Coratxà. Aunque las concentraciones medias de ozono se sitúan unos $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ por debajo de las estaciones de Morella y Coratxà.

La estación de Vilafranca esta ubicada en la cuenca de un amplio valle, cercana a una carretera de escaso tráfico. En verano, se produce la entrada de la brisa con cierta frecuencia. Su clasificación resulta difícil, ya que su ciclo diario promedio no es tan difuso como el de Coratxà y Morella, pero tampoco presenta consumo nocturno. Su concentración de ozono en las horas nocturnas es similar al de Vallibona, pero durante las horas diurnas, con la entrada de la brisa, registra concentraciones más elevadas.

La estación de Sorita debido a su ubicación de fondo de valle tiene un ciclo de ozono más marcado, con mínimos nocturnos debido al consumo nocturno, y un crecimiento de los niveles de ozono durante la mañana a causa de la fumigación de ozono desde los estratos de reserva. Su ciclo diario promedio no parece poder fundirse en ninguno de los restantes grupos, y su fusión en este grupo puede deberse a que registra unas concentraciones de ozono diurnas muy similares a las registradas en Vilafranca.

D: [ARAG, LINA, GVIA, PATE, QUAR, NUEV, PIST]:

Las estaciones de Aragón, Linares, Gran Vía, Nuevo Centro y Pista de Silla son estaciones urbanas muy influenciadas por las emisiones directas del tráfico. Estas estaciones registran un máximo moderado a mediodía, y dos mínimos coincidiendo con el aumento del tráfico (entrada y salida del trabajo), también registran un aumento de la concentración durante el fin de semana (ausencia de consumo por NO).

Las estaciones de Paterna y Quart son también estaciones urbanas, aunque la densidad de tráfico que se registra entorno a ellas es menor. Las concentraciones de ozono nocturnas son similares a las que registran las estaciones de Aragón, Linares... , pero las concentraciones máximas son más elevadas (unos $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ menos). En el árbol de conglomerados, puede verse como ambas estaciones se fusionan rápidamente, para fusionarse después con las estaciones arriba mencionadas.

Tanto Pista de Silla como Nazaret se encuentran al SE de la ciudad, y por tanto, menos influenciadas por la pluma. Esta situación, aunque se encuentren en zonas con tráfico denso, hace que los niveles de ozono se asemejen a las zonas situadas a sotavento de la pluma de la ciudad, pero fuera de la misma (Paterna y Quart). Las concentraciones nocturnas son similares, pero los valores máximos están unos $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ por encima de los registrados en Gran Vía o Linares.

E: [GRAO, ERMI]: Las estaciones de Ermita y Grao se sitúan en un entorno costero, por lo que su ciclo de ozono está influenciado por la brisa. Los mínimos nocturnos se aproximan a cero, a causa del derrame que transporta el aire envejecido y que agota el contenido en ozono.

Se observa un ligero desplazamiento en el máximo diario, de Grao respecto Ermita, lo que puede deberse a que Grao se encuentra 5 Km hacia el norte respecto Ermita. Ambas miden dentro de la misma masa aérea.

F: [RENF, SAGU, OLIV, ROSA, ELX, HOYA, GAND]: La estación de Renfe es una estación urbana, situada en un entorno con tráfico denso. Al estar situada en una amplia avenida, registra la entrada de la brisa.

La estación de Sagunto también está situada en un entorno con tráfico denso. Se encuentra dentro del régimen de brisas.

La estación de Oliver es una estación urbana, en una calle con tráfico medio. Puede considerarse una zona bien ventilada.

La estación de Rosaleda es una estación urbana situada en un entorno de tráfico denso, y medianamente ventilado.

La estación de Elx es una estación urbana, y aunque se encuentra alejada de las zonas con tráfico más denso, no puede despreciarse su influencia.

La estación de La Foia, se encuentra en las afueras de una pequeña población, a pocos kilómetros de la costa.

En cuanto a los niveles de ozono nocturnos, en el ciclo diario promedio se puede observar que las estaciones de Rosaleda, Sant Antoni, Gandia, Elx y La Foia tienen valores más bajos, mientras que Oliver, Renfe y Sagunto presentan concentraciones más altas. En cuanto a los valores máximos se pueden distinguir tres niveles: las estaciones de La Foia y Oliver son las que presentan valores más altos; las estaciones de Sant Antoni, Elx, Renfe y Rosaleda están situadas en entornos urbanos, y aunque su valor máximo es menor que el registrado en Oliver, es más alto que el registrado en las estaciones urbanas de Valencia. Esto puede deberse a que la ventilación en estas estaciones es mayor que en las de Valencia. Por último, la estación de Sagunto es la que presenta un valor máximo más bajo, dentro de este grupo, y aunque su máximo es similar al registrado en Quart, sus concentraciones nocturnas son más altas.

Al final de este primer estudio (preliminar), la perspectiva que obtenemos, no va tanto encaminada a ver como Morella y Coratxà se agrupan correctamente. Esta clasificación, atendiendo al ciclo diario promedio se estudia en otros trabajos con mucha profundidad (Millán, M. *et al.* 2000) (Diéguez, 2001). El enfoque buscado es el estudio de aquellas estaciones que por la complejidad de su ciclo (a veces enmascarada en los ciclos promedio) no tienen una fácil clasificación. Así, estaciones como Sagunto, Elx, La Foia, Vilafranca, Sorita, Vallibona... no tienen una clasificación trivial y requieren de estudios más exhaustivos.

En cuanto a la utilidad de un análisis cluster frente a otras alternativas más sencillas como el análisis de correlaciones, la ventaja de esta técnica es que las variables no tienen que cumplir ninguna condición previa y basta con definir las en un espacio n-dimensional para que sus realizaciones puedan ser agrupadas en conglomerados o clusters. Por esta razón se optó por aplicar el análisis cluster al conjunto de estaciones de la RAVCA.

Otras técnicas más sencillas, como el coeficiente de correlación, solo tienen en cuenta la dependencia lineal entre dos variables, lo cual indica que si un coeficiente es bajo, no necesariamente quiere decir que sean independientes, sino que puede que la ley que rige su dependencia sea de otra naturaleza. Otra fuente de ocultación sistemática de información con este tipo de coeficientes es la presencia de ciclos concretos donde dos variables pueden tener un alto índice de correlación, pero tomando el conjunto de los datos, su valor es pequeño al enmascararse con el aporte de valores correspondientes a ciclos donde dicho índice presenta valores bajos (Ibarra, 1993).

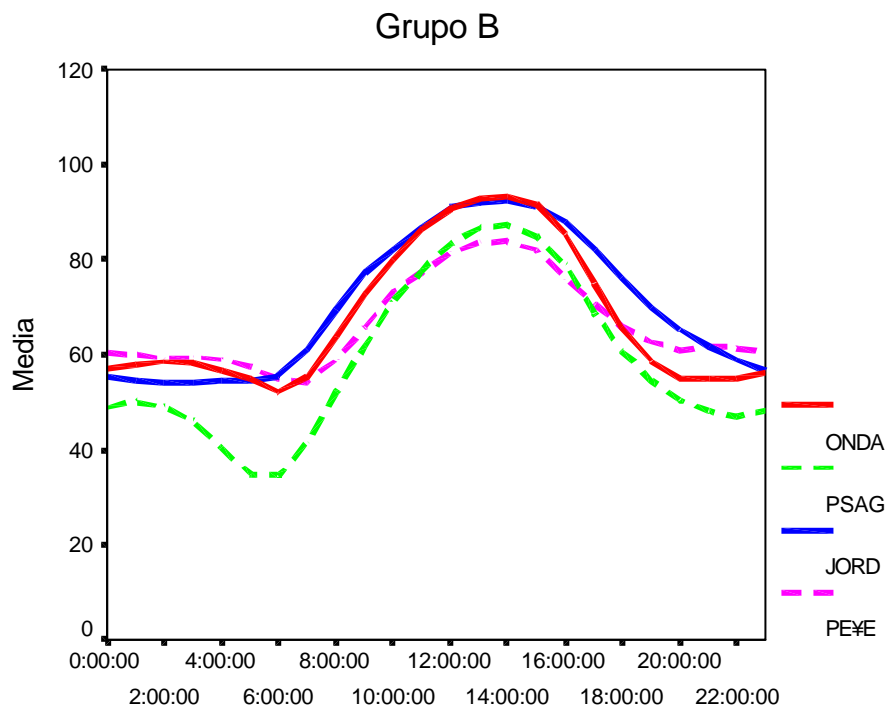
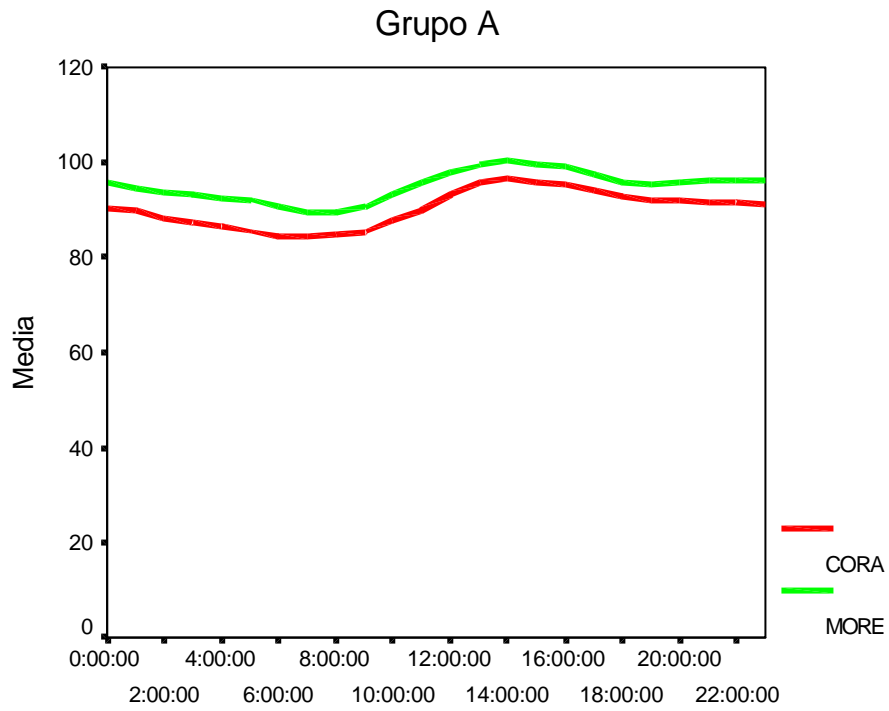


Figura 34 Evolución media diaria de la serie de concentraciones horarias de ozono. Los grupos pertenecen a los obtenidos por la clasificación de Ward.

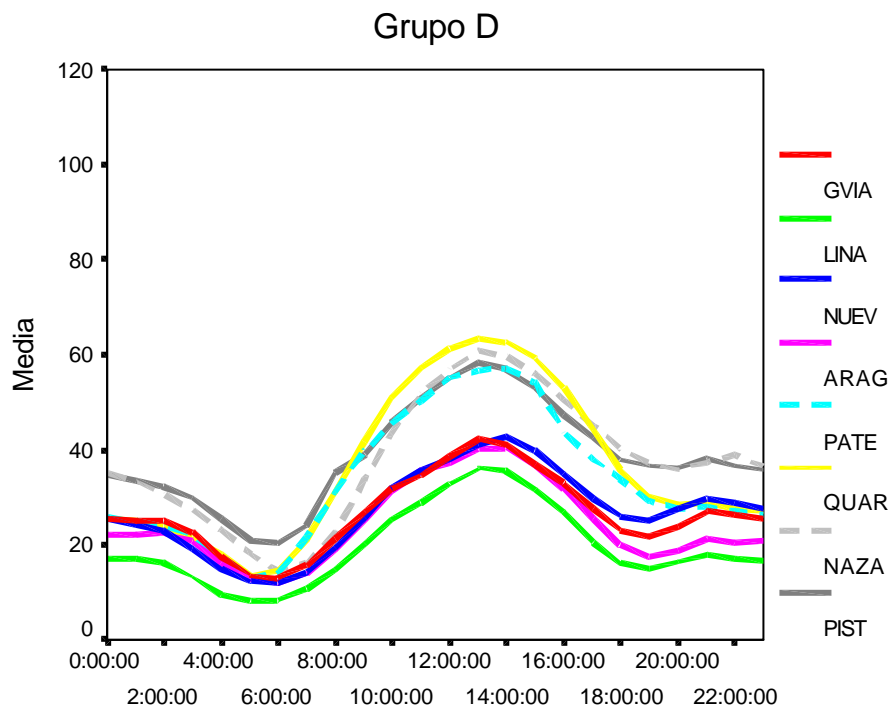
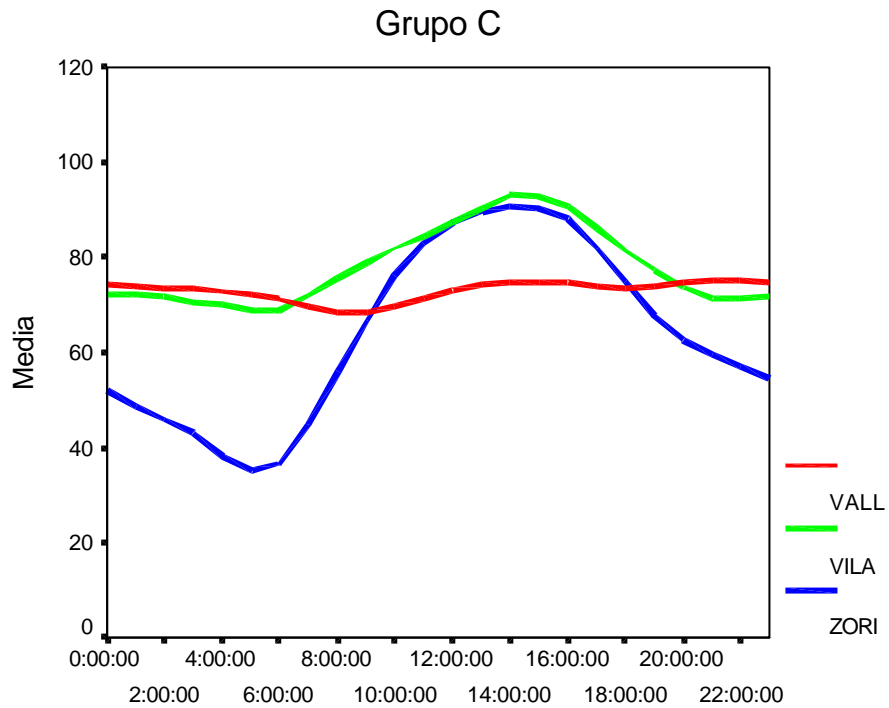


Figura 34 (cont) Evolución media diaria de la serie de concentraciones horarias de ozono. Los grupos pertenecen a los obtenidos por la clasificación de Ward.

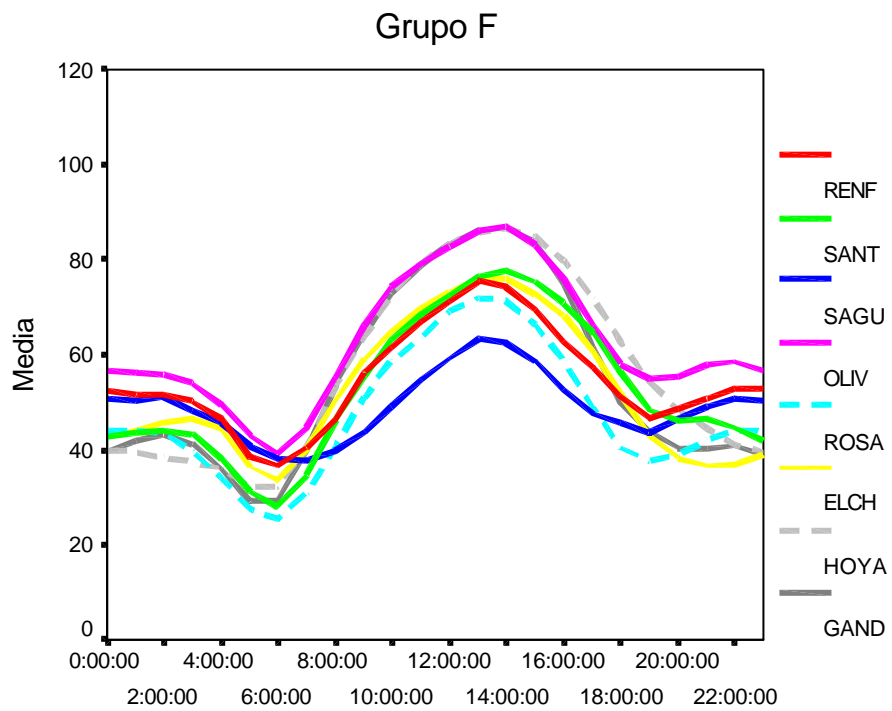
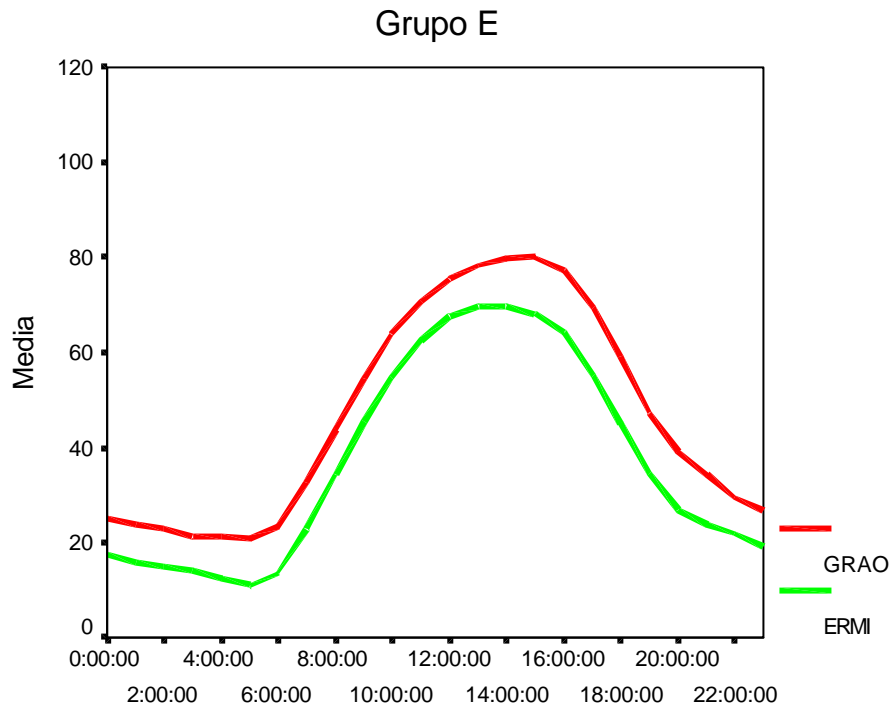


Figura 34 (cont) Evolución media diaria de la serie de concentraciones horarias de ozono. Los grupos pertenecen a los obtenidos por la clasificación de Ward.

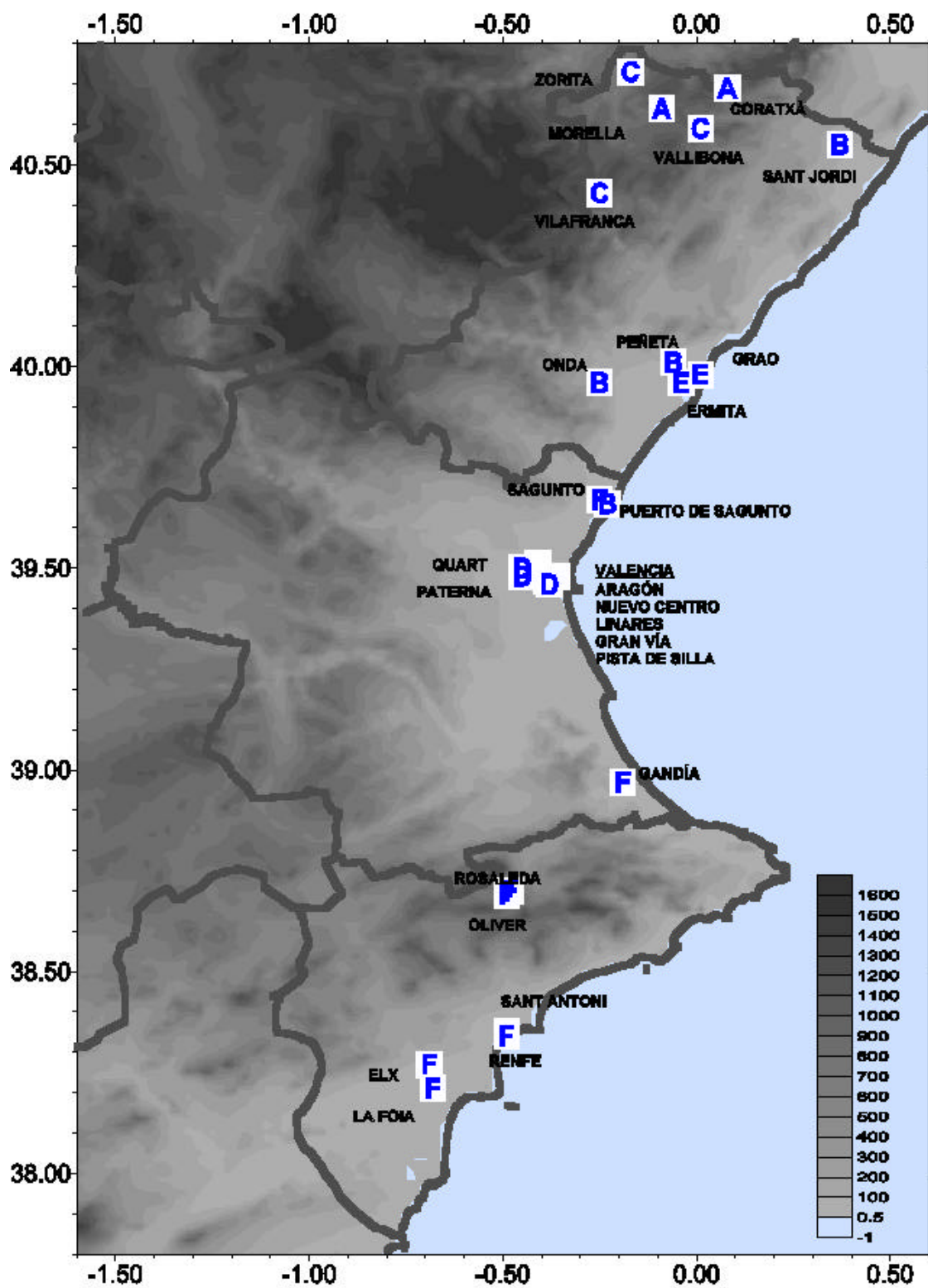


Figura 35 Distribución espacial de las estaciones de la RAVCA atendiendo a la clasificación por el método de Ward.

3 CONCLUSIONES

A través del Programa de Vigilancia de Contaminación por Ozono Troposférico, *Previozono 2001*, se ha cubierto el requerimiento normativo de informar y/o alertar a la población en caso de que se produjesen superaciones del umbral/es establecido/s a tal fin. Actuando de manera preventiva, durante aquel periodo potencialmente más sensible (a lo largo de un total de ocho meses al año), se informó a la población sobre los niveles de concentración de ozono en superficie registrados en los diferentes puntos de medida distribuidos a lo largo de la Comunidad Valenciana que conforman la red de vigilancia de la calidad del aire. Como parte de la información elaborada y distribuida sistemáticamente, se realizó simultáneamente una estimación de la evolución esperable a corto plazo durante todos los días de seguimiento, con independencia de la magnitud de los niveles registrados. En este sentido, durante el periodo intensivo (meses de Mayo a Septiembre, ambos inclusive) se realizó un esfuerzo adicional por proporcionar una interpretación inteligible sobre las causas de las ocurrencias de las correspondientes situaciones ambientales, fuertemente dependientes de las condiciones meteorológicas. A través de estas explicaciones, elaboradas manualmente sobre la base del análisis diario de la información meteorológica y ambiental recopilada (mapas sinópticos, medidas meteorológicas y de niveles de inmisión en superficie, etc.), se pretendió cubrir también una cierta función formativa, que permitiese divulgar algunos aspectos de la contaminación fotoquímica en los niveles inferiores de la atmósfera, en ocasiones tratados con bastante desconocimiento por parte de los medios de comunicación, y habitualmente, poco entendidos por la población en general. Los contaminantes secundarios, y en especial los de origen fotoquímico, presentan una complejidad adicional, en ocasiones aún poco comprendida, que no siempre permite establecer claramente las relaciones causa-efecto. Sin embargo, es indudable que el incremento de los niveles de ozono troposférico experimentado en las últimas décadas tiene un origen claramente antropogénico. Y su corrección habrá de venir igualmente de la mano de la adopción de medidas que regulen de alguna manera las actividades humanas causantes de dicho incremento. Estas actividades no siempre están relacionadas con actividades productivas, sino en muchas ocasiones procedentes del ámbito de la vida privada. En este sentido, las actuaciones resultan delicadas, precisando en general un cierto grado de sensibilización de la población, que pasa en general por un incremento del conocimiento del problema.

La elección de Internet como vehículo de transmisión supone, simultáneamente un elevado grado de difusión potencial, a la vez que un obstáculo infranqueable para amplias bases de la población para las que el medio resulta inasequible. En este sentido quizás sería de interés intentar ampliar los canales de difusión hacia la prensa escrita y radiofónica.

En lo referente al comportamiento de los niveles de concentración de ozono registrados, se puede apreciar una cierta tendencia creciente respecto a años precedentes, si bien se puede considerar que han permanecido en torno a valores moderados, sin que se registrase más que un número reducido de superaciones del umbral de información a la población, y ello únicamente en puntos aislados y durante muy cortos periodos de tiempo. El carácter fuertemente no lineal del comportamiento de las concentraciones de ozono, dependientes de una gran diversidad de factores, que concurren simultáneamente, interaccionando a diferentes escalas, no permite identificar una causa bien definida que avale estos resultados. Un verano seco y en general soleado,

con largos periodos de persistencia anticiclónica, parecen una explicación excesivamente simplista.

Como comportamiento repetitivo, cabe destacar tres puntos importantes:

1. la ocurrencia de valores más altos en las zonas del interior que en el litoral,
2. el incremento de los niveles de ozono en las áreas urbanas durante los fines de semana, coincidiendo con una reducción del tráfico y de la actividad industrial en general, y
3. la evolución mensual de los niveles de ozono, con un incremento en el periodo primaveral, registrándose un máximo relativo en el mes de Mayo.

En cuanto a las superaciones de los umbrales legales (Tabla 3), registradas en la RAVCA, éstas muestran un mayor porcentaje hacia el interior de la Comunidad, relacionadas con el transporte de la masa aérea contaminada, a través de los pasos naturales, desde las áreas litorales, donde se encuentra la mayor concentración de focos emisores antropogénicos, así como en las zonas del litoral próximas a zonas de emisión de precursores.

Para el análisis del comportamiento del ciclo diario de los niveles de ozono en las estaciones de la RAVCA se ha ensayado un procedimiento objetivo basado en técnicas de cluster, aplicado a las series de medias horarias. Estos métodos estadísticos, enfocados a la obtención de una agrupación de las estaciones en función de tipología de patrones diarios, proporcionan una herramienta exploratoria que puede facilitar la interpretación de los procesos físicos a partir de volúmenes elevados de datos experimentales.

4 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

El desarrollo del programa de vigilancia del ozono troposférico para el año 2002 se prevé en una línea continuista con la realizada durante la campaña anterior. En concreto, la división en dos periodos de vigilancia de diferente intensidad (periodo de vigilancia y periodo de vigilancia-previsión), cubriendo un total de ocho meses del año, parece una solución idónea para las necesidades de atención de los niveles de inmisión de ozono tal como se producen bajo una dinámica característica de la cuenca mediterránea.

Se respetará el diseño y contenido del informe diario que se venía confeccionando hasta ahora, en la creencia de que su diseño y contenidos son adecuados como respuesta a los diferentes grados de información potencialmente demandados por ciudadanos con distintos grados de formación y/o interés sobre el tema. No obstante, se propondrá una modificación del contenido de la página web, incrementando el volumen de información incluida en la misma.

Un aspecto que no aparece explícitamente resuelto en el presente diseño, y que es frecuentemente motivo de interés por parte de muchos usuarios de la página web, es la respuesta a la siguiente cuestión: *¿en que medida los niveles de concentración registrados son o no elevados?*. En esta línea se pretende incluir información gráfica, actualizada diariamente, sobre la posición relativa de los niveles registrados en las diferentes cabinas respecto a los valores medios. Igualmente resultaría de interés incluir una gráfica con la tendencia de los niveles de inmisión en el periodo inmediatamente anterior.

Otra modificación deseable es poner a disposición del usuario, en la propia página web, el histórico de partes diarios elaborados desde el comienzo de la campaña de

vigilancia. De manera que, quien esté interesado, pueda realizar por sí mismo un seguimiento sin recurrir a peticiones a la Consellería o bien estar diariamente pendiente de descargar la información, situaciones ambas que se producen en muchas ocasiones según comunicación y demanda de muchos de los usuarios.

En el aspecto de la difusión de la información, aunque algunas partes del diseño del parte diario están orientados especialmente hacia su utilización a través de otros canales (radio, prensa), se hará nuevamente hincapié en la conveniencia de diversificar dicha distribución de los mensajes, para lo cual se estará especialmente alerta a la adaptación de los contenidos y de los horarios de trabajo a las necesidades/requerimientos de los medios potencialmente interesados en dicha información.

Internamente se realizará un esfuerzo por incorporar, en la etapa de análisis de la situación, la información meteorológica procedente de la propia red de torres del CEAM, en combinación con la que se recoge de las cabinas de la red de vigilancia. Existe actualmente en la Comunidad, una densidad de puntos de medida de viento suficientemente densa, como para mejorar el diagnóstico de las circulaciones atmosféricas en superficie respecto a las proporcionadas por las salidas de los modelos de medio y largo plazo. En este sentido se intentará desarrollar un procedimiento que permita disponer de dicha información integrada durante la fase de análisis en la confección del parte diario de ozono.

Dada la base heurística sobre la que se apoya la confección del parte diario, uno de los objetivos preferentes dentro del desarrollo del proyecto, sin un explícito reflejo externo, es la profundización en el conocimiento de los procesos químico-meteorológicos que determinan/condicionan los niveles de concentración de ozono en la Comunidad Valenciana y las peculiaridades de su distribución espacial. Este conocimiento se plasma, en gran medida, en la identificación de patrones de comportamiento, y la descripción de los procesos y mecanismos físicos que conducen a dichos niveles. Disponer de una colección consistente de modelos conceptuales requiere una labor paciente y sistemática de revisión de la colección de medidas históricas, que vaya permitiendo extraer las claves de los procesos que rigen determinados comportamientos o conducen a ciertos resultados. En esta línea, el desarrollo del proyecto a lo largo de la campaña 2002 permitirá continuar esta labor, completando la base de conocimiento acumulada hasta el momento.

Con un objetivo similar al mencionado en el párrafo anterior, se tratará de evaluar las posibilidades de la utilización de algunas de las técnicas de análisis multivariante que permitan la explotación estadística de una base de datos grande, como ayuda complementaria al proceso anterior de descripción de los modelos conceptuales (en una línea similar al trabajo de agrupamiento presentado en el punto 2.6 de la memoria). En este apartado, se pretende trabajar en la construcción de un modelo de decisión, con carácter exploratorio, en el que se tengan en cuenta las principales variables dependientes, de forma que apoye en la toma de decisiones a la hora de pronosticar la evolución de los niveles de ozono. Para este cometido, existen herramientas tales como: árboles de decisión; ecuaciones de regresión; redes neuronales artificiales; modelos de calidad de aire en tres dimensiones, etc. Todos ellos necesitan de la selección de las variables de predicción, es decir, las variables que mejor capturan la esencia del fenómeno, para ello se pueden utilizar métodos estadísticos tales como la correlación, el análisis factorial o el análisis cluster.

5 REFERENCIAS

- [1] Diéguez, JJ (2001). *Red automática de vigilancia de la calidad del aire en la Comunidad Valenciana: Análisis y Optimización*. Memoria presentada para optar al Diploma de Estudios Avanzados. Universitat de València. Valencia.
- [2] Diéguez, JJ (2001). *Informe: Zonificación de la Comunidad Valenciana dirigida a la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente*. Fundación CEAM.
- [3] Diéguez, JJ (2001). *Informe: Propuesta de selección de emplazamientos complementarios a la RAVCAV, para unidades de medida móviles*. Fundación CEAM.
- [4] EPA (1999). *Guideline for developing an ozone forecasting program*. Ed. OAQPS.
- [5] Ibarra, G. 1993. *Aplicación de análisis cluster en procesos de optimización de redes meteorológicas y de calidad de aire: caso del Bajo Nervion Ibaizabal*. Memoria presentada para optar al grado de doctor ingeniero industrial. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación. Bilbao.
- [6] Mantilla, E. *et al.* 2000. *Previozono 2000. Informe Final*. Fundación CEAM.
- [7] Meso-meteorological Cycles of Air Pollution in the Iberian Peninsula, (MECAPIP); Air Pollution Research Report 44, (EUR N_14834), European Commission DG XII/E-1, Rue de la Loi, 200, B-1040, Brussels, 1992.
- [8] Millán, M. *et al.* 2000. Ozone cycles in the western Mediterranean basin: interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *American Meteorological Society*. pp 487-508.
- [9] Vukovich F.M. and Fishman J. (1996). The climatology of summertime O₃ and SO₂ (1977-1981). *Atmospheric Environment*. **20**. pp 2423-2433.
- [10] *Real Decreto 1494/1995*, sobre contaminación atmosférica por ozono. BOE 230, de 26/09/95.
- [11] *Directiva 96/62/CEE*, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. DOCE. Núm. L296, de 21/11/96.
- [12] *Directiva 92/62/CEE*, sobre contaminación atmosférica por ozono. DOCE, de 13/10/92.

AGRADECIMIENTOS

La Fundación CEAM agradece a la Conselleria de Medio Ambiente, y en concreto a la Dirección General de Educación y Calidad Ambiental, por el interés renovado en la puesta en marcha de un programa de vigilancia de la contaminación por ozono troposférico.

Agradecer muy especialmente a *José Vicente Miró Bayarri* y su equipo de trabajo (especialmente a Rafael Ors y Lucía) desde el Servicio de Control de la Contaminación Atmosférica y Acústica de la Consellería de Medio Ambiente, que nuevamente permitió con su apoyo la puesta en marcha del programa Previozono 2001, y a quienes interrumpimos en muchas ocasiones durante su periodo de descanso para solucionar imponderables que surgían durante el desarrollo de los trabajos.

Debe reconocerse igualmente el inestimable soporte proporcionado por el Departamento de Meteorología a través de *M^a Amparo Sánchez Alandí*, pendiente de que en todo

momento estuviesen disponible las medidas de la red meteorológica de superficie del CEAM; y del Departamento de Informática, en los que *Begoña Correa Ballester* y *Francisco Inista Cortés*, atendieron en todo momento a los problemas técnicos que iban surgiendo, especialmente en las ocasiones en que el entramado informático hacía difícil comunicarse con el exterior.

Extender los agradecimientos al resto de compañeros, amigos y familiares por aguantarnos durante estos ocho meses.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Diagrama metodológico seguido en la elaboración del Informe y posterior ubicación en Internet para el acceso público. Las horas representan la hora de bajada de datos y la hora en la que se deposita el informe en el servidor de Conselleria..... | 7 |
| Figura 2 Ubicación de las estaciones de la RAVCA, diferenciando aquellas estaciones con o sin sensores meteorológicos, y de las Torres Meteorológicas del CEAM..... | 9 |
| Figura 3 Leyenda de los diagramas de caja utilizados en este Informe..... | 16 |
| Figura 4 Diagrama de cajas de las series de valores de concentración horaria de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre, medidas en las estaciones de la RAVCA..... | 17 |
| Figura 5 Diagrama de cajas de las series de valores de máximos horarios de concentración de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre..... | 19 |
| Figura 6 Diagrama de cajas de las series de valores de concentración diaria de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001..... | 21 |
| Figura 7 Diagrama de cajas de las series de valores máximos horarios diarios de concentración de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre, promediados por día de la semana..... | 23 |
| Figura 8 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el 31 de Mayo de 2001 en el emplazamiento de Vilafranca..... | 32 |
| Figura 9 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 28 de Mayo al 3 de Junio. Inferior: Evolución semanal de radiación neta y temperatura..... | 33 |
| Figura 10 Evolución de la concentración de ozono en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana, para el periodo del 28 de Mayo al 3 de Junio..... | 34 |
| Figura 11 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 31 de Mayo del 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa..... | 35 |
| Figura 12 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 20 de Junio de 2001 en el emplazamiento de Vallibona..... | 37 |
| Figura 13 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vallibona para el periodo del 18 al 24 de Junio. Inferior: Evolución semanal de temperatura..... | 38 |
| Figura 14 Evolución de la concentración de ozono en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 18 al 24 de Junio..... | 39 |
| Figura 15 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 20 de Junio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, diferencia ente 1000hPa y 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento en superficie..... | 40 |
| Figura 16 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 2 de Julio en el emplazamiento de Vilafranca..... | 41 |
| Figura 17 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 28 de Junio al 4 de Julio. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta..... | 43 |
| Figura 18 Evolución de la concentración de ozono en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 28 de Julio al 4 de Agosto..... | 44 |
| Figura 19 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 2 de Julio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa..... | 45 |
| Figura 20 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 para el emplazamiento de Sant Jordi..... | 47 |
| Figura 21 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 en el emplazamiento de Penyeta..... | 48 |
| Figura 22 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 28 de Julio de 2001 en el emplazamiento de Onda..... | 48 |
| Figura 23 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Sant Jordi para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta..... | 49 |
| Figura 24 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo..... | 50 |
| Figura 25 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Onda para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 26 Evolución de la concentración de ozono en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 26 de Julio al 1 de Agosto..... | 52 |
| Figura 27 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 28 de Julio de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa. | 53 |
| Figura 28 Evolución diaria de viento y concentración de ozono el día 2 de Agosto de 2001 en el emplazamiento de Vilafranca..... | 55 |
| Figura 29 Superior: Evolución semanal de viento y concentración de ozono en el emplazamiento de Vilafranca para el periodo del 31 de Julio al 6 de Agosto. Inferior: Evolución semanal de temperatura y radiación neta para el mismo periodo. | 56 |
| Figura 30 Evolución de la concentración de ozono en las estaciones del Norte de la Comunidad Valenciana para el periodo del 31 de Julio al 6 de Agosto..... | 57 |
| Figura 31 Mapas meteorológicos correspondientes a la jornada del 2 de Agosto de 2001. Superior: modelo Bracknell de presión en superficie. Inferior izquierda: modelo MASS, presión en 500hPa. Inferior derecha: modelo MASS, temperatura y viento a 850hPa. | 58 |
| Figura 32 Ciclo diario promedio de las estaciones de la RAVCA donde se registró una superación..... | 60 |
| Figura 33 Árbol de conglomerados para la serie temporal de medias horarias de las estaciones de la RAVCA..... | 63 |
| Figura 34 Evolución media diaria de la serie de concentraciones horarias de ozono. Los grupos pertenecen a los obtenidos por la clasificación de Ward..... | 67 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Sensores en funcionamiento en cada una de las estaciones de la RAVCA. | 8 |
| Tabla 2 Porcentaje de recuperación de datos horarios de ozono durante el Periodo de Vigilancia (Marzo-Octubre) 2001..... | 10 |
| Tabla 3 Umbrales de ozono establecidos en el Real Decreto 1494/1995..... | 11 |
| Tabla 4 Porcentaje de superaciones del umbral de protección a la vegetación durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA..... | 12 |
| Tabla 5 Porcentaje de días con alguna superación del umbral de protección a la salud durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA..... | 14 |
| Tabla 6 Número de superaciones del umbral de información a la población y porcentaje total de superaciones, durante el periodo de vigilancia (Marzo-Octubre) en las estaciones de la RAVCA. | 15 |
| Tabla 7 Estadísticos de la serie horaria de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001 | 18 |
| Tabla 8 Estadísticos de la serie de máximos horarios diarios de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001..... | 20 |
| Tabla 9 Estadísticos de la serie diaria de concentraciones de ozono durante el periodo de Marzo a Octubre del 2001 | 22 |
| Tabla 10 Coeficientes de correlación lineal de valores medios diarios de concentración de ozono para el año 2000..... | 26 |
| Tabla 11 Historial de superaciones en las estaciones de la RAVCA durante el periodo de 1999-2001 | 29 |
| Tabla 12 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca..... | 31 |
| Tabla 13 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vallibona..... | 36 |
| Tabla 14 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca..... | 41 |
| Tabla 15 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en las estaciones de Sant Jordi, Penyeta y Onda..... | 46 |
| Tabla 16 Hora de superación del umbral de información y promedio horario de la concentración de ozono en la estación de Vilafranca..... | 54 |

ANEXO A

Plantilla enviada al servicio de emergencia en caso de superación o previsión de la misma

SUPERACIÓN DEL UMBRAL DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR OZONO EN [NOMBRE POBLACIÓN]

La Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, con la colaboración de la Fundación CEAM (Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo), desarrolla una campaña estival de vigilancia intensiva de los niveles de contaminación por ozono en la atmósfera, (PROGRAMA PREVIOZONO) con objeto informar y prevenir a la población sobre posibles casos de superación de ciertos valores umbrales.

A nivel de suelo, el ozono es un contaminante secundario, cuya presencia en la atmósfera no se debe a la emisión directa desde un foco, sino que se forma en la misma a partir de reacciones entre otros compuestos primarios, en presencia siempre de radiación solar.

Ciertas peculiaridades de la Comunidad Valenciana (fuerte insolación y altas temperaturas estivales, orografía compleja, ciclos diarios de vientos locales, etc.) hacen que durante el periodo estival (principalmente) aumente el riesgo de que se alcancen valores elevados de concentración de ozono en los niveles bajos de la atmósfera. Las mayores concentraciones suelen producirse en las horas de la tarde, no permaneciendo habitualmente durante periodos muy prolongados. Estas situaciones pueden dar lugar a ciertas molestias en los grupos de población más sensibles, niños, ancianos y personas con problemas respiratorios, que deberán adoptar ciertas medidas preventivas.

Dentro de la actual campaña, y en cumplimiento del Real Decreto 1494/1995 de 8 de septiembre sobre contaminación atmosférica por ozono, se INFORMA de que:

- [FECHA Y HORA SUPERACIÓN] se alcanzó el umbral de información a la población de contaminación por ozono en la estación de control de la contaminación atmosférica de [NOMBRE POBLACIÓN (PROVINCIA)], registrándose el máximo a las [HORA MÁXIMO ABSOLUTO] con un valor de [VALOR NUMÉRICO] $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- El mencionado umbral de información se encuentra establecido Real Decreto 1494/1995 en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor medio en una hora.
- [ANÁLISIS DE LA SUPERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS]
- [PREDICCIÓN PARA LA PRÓXIMA JORNADA]

- El Real Decreto 1494/1995, de 8 de septiembre, sobre contaminación atmosférica por ozono, establece que en caso de superar el umbral que venimos haciendo referencia, se indicará como mínimo a la población que las personas más sensibles a la contaminación atmosférica, tales como niños, ancianos o personas con problemas respiratorios, deberán evitar como medida de precaución, cualquier esfuerzo físico y los ejercicios desacostumbrados al aire libre hasta el momento previsto de superación del episodio, concretamente entre las 13 y las 16 horas para el día de mañana.

Para más información:

www.gva.es/coma/_Educacion_Calidad_Ambiental/contaminacion_atmosferica/Informe.pdf

ANEXO B

Estadísticos de la serie de concentración horaria de ozono medida durante el periodo de Marzo a Octubre de 2001 en la RAVCA

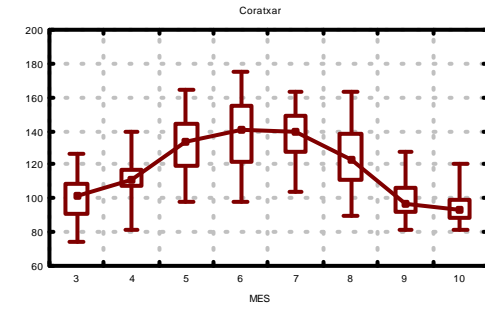
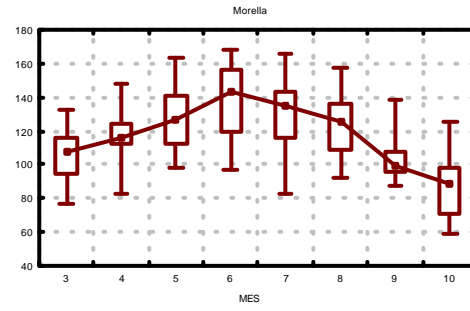
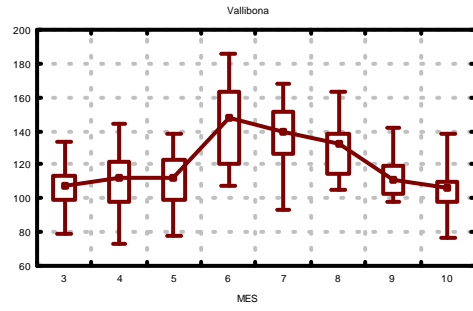
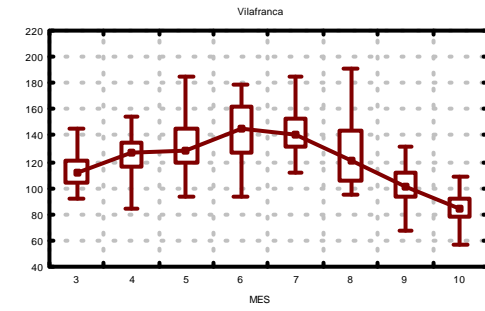
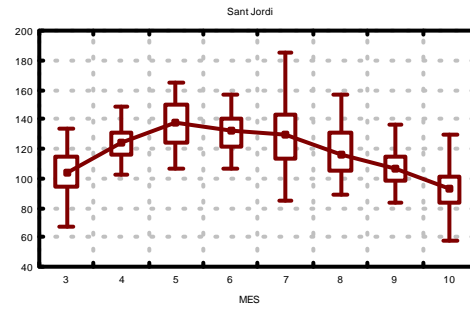
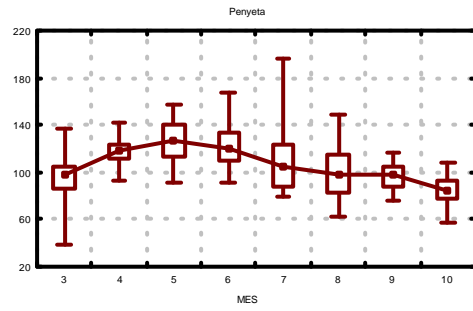
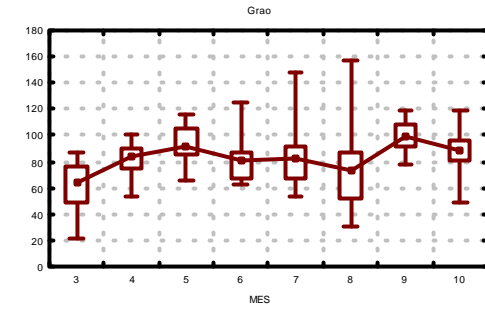
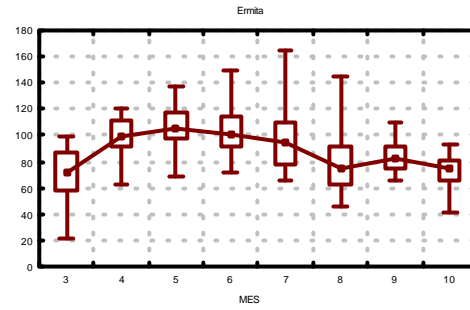
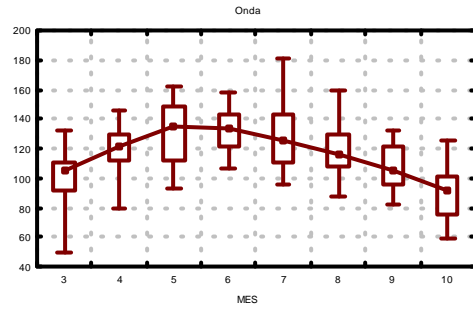
ESTADÍSTICA MENSUAL OZONO Marzo-Octubre 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | | CORA | MORE | VALL | VILA | ZORI | S.JORD | PENYE | ONDA | GRAU | ERMI | CASTE | SAGU | P.SAGU | PATE |
|--------------|----------------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|------|------|-------|------|--------|------|
| | Media | 88 | 93 | 94 | 97 | 58 | 77 | 60 | 70 | 31 | 32 | | 54 | 54 | 50 |
| MARZ | Des.Tip | 16 | 16 | 15 | 17 | 28 | 24 | 28 | 27 | 22 | 28 | | 22 | 25 | 30 |
| | Máx | 127 | 133 | 133 | 146 | 122 | 134 | 137 | 133 | 87 | 99 | | 105 | 138 | 132 |
| | Media | 99 | 103 | 97 | 107 | 80 | 100 | 87 | 84 | 49 | 53 | | 61 | 75 | 60 |
| ABRIL | Des.Tip | 17 | 17 | 19 | 18 | 27 | 22 | 27 | 27 | 29 | 36 | | 23 | 33 | 32 |
| | Máx | 140 | 148 | 144 | 155 | 132 | 149 | 143 | 146 | 101 | 120 | | 125 | 145 | 130 |
| | Media | 114 | 113 | 96 | 105 | 82 | 103 | 91 | 92 | 52 | 57 | 74 | 62 | 76 | 65 |
| MAYO | Des.Tip | 20 | 19 | 15 | 22 | 37 | 28 | 29 | 30 | 32 | 38 | 52 | 26 | 33 | 36 |
| | Máx | 165 | 163 | 139 | 185 | 165 | 165 | 157 | 162 | 116 | 134 | 138 | 138 | 150 | 149 |
| | Media | 115 | 115 | 121 | 107 | 96 | 98 | 87 | 87 | 48 | 56 | 63 | 55 | 76 | 64 |
| JUNIO | Des.Tip | 22 | 21 | 23 | 27 | 32 | 26 | 26 | 30 | 28 | 35 | 30 | 21 | 29 | 35 |
| | Máx | 176 | 168 | 186 | 180 | 176 | 157 | 167 | 158 | 126 | 149 | 152 | 117 | 144 | 149 |
| | Media | 113 | 106 | 116 | 109 | 85 | 92 | 77 | 84 | 45 | 49 | 67 | 37 | 37 | 58 |
| JULIO | Des.Tip | 21 | 23 | 22 | 28 | 37 | 31 | 29 | 31 | 28 | 34 | 30 | 19 | 19 | 33 |
| | Máx | 164 | 166 | 168 | 192 | 164 | 186 | 197 | 182 | 148 | 165 | 166 | 103 | 103 | 138 |
| | Media | 104 | 103 | 109 | 94 | 85 | 84 | 70 | 80 | 41 | 41 | 57 | 51 | 65 | 53 |
| AGOS | Des.Tip | 22 | 22 | 21 | 28 | 34 | 28 | 26 | 31 | 31 | 30 | 27 | 17 | 26 | 34 |
| | Máx | 163 | 157 | 163 | 191 | 161 | 157 | 159 | 159 | 157 | 145 | 131 | 113 | 141 | 164 |
| | Media | 83 | 87 | 96 | 77 | 66 | 76 | 68 | 69 | 53 | 39 | 43 | 45 | 59 | 42 |
| SEPT | Des.Tip | 17 | 14 | 15 | 20 | 31 | 24 | 22 | 26 | 36 | 31 | 27 | 19 | 27 | 27 |
| | Máx | 128 | 139 | 142 | 131 | 152 | 136 | 117 | 132 | 119 | 110 | 107 | 105 | 132 | 109 |
| | Media | 82 | 69 | 89 | 62 | 49 | 59 | 56 | 56 | 40 | 30 | 26 | 37 | 42 | 31 |
| OCTUB | Des.Tip | 11 | 19 | 12 | 18 | 30 | 23 | 23 | 23 | 33 | 28 | 24 | 18 | 25 | 26 |
| | Máx | 121 | 125 | 139 | 109 | 109 | 130 | 125 | 125 | 120 | 93 | 90 | 84 | 133 | 113 |

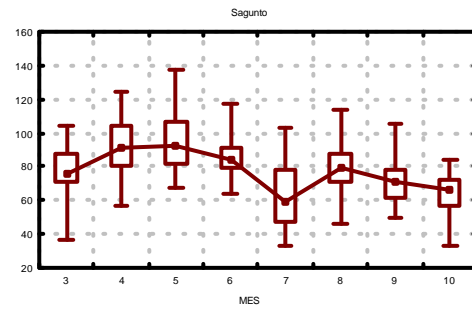
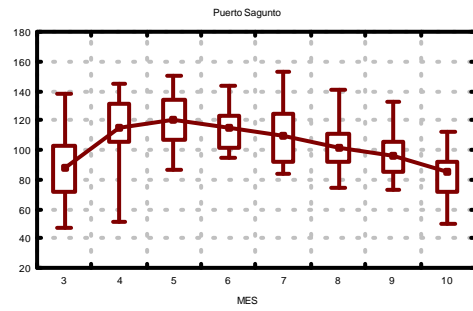
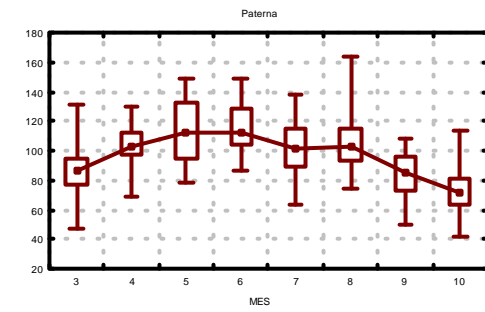
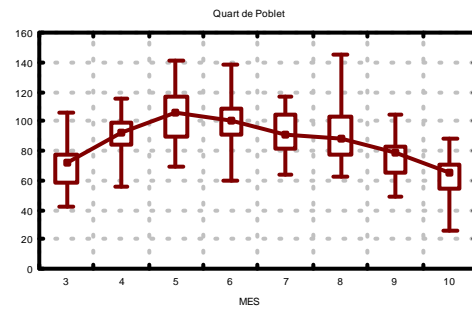
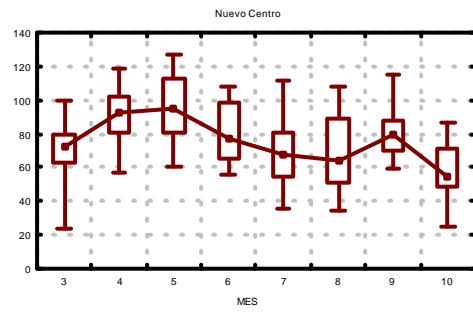
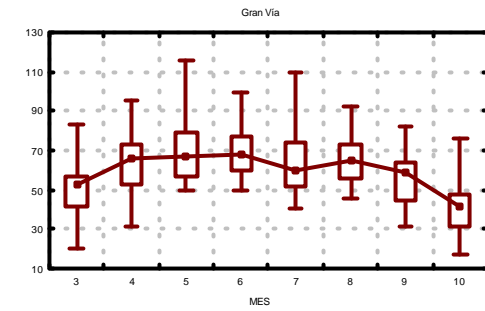
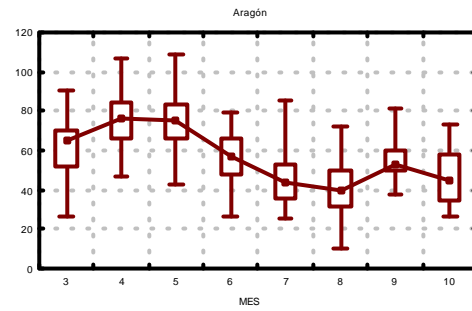
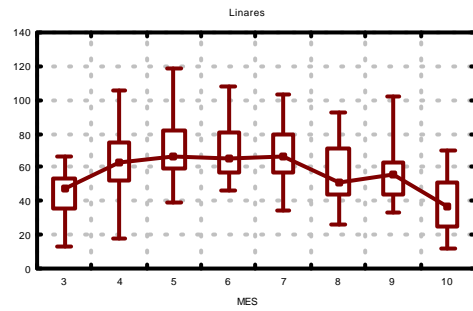
| | | QUART | G.VÍA | LINA | N.CEN | ARAG | P.SILL | NAZA | GAND | OLIVE | ROSA | RENF | ELX * | FOIA | ELDA |
|--------------|---------|-------|-------|------|-------|------|--------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Media | 36 | 25 | 19 | 35 | 31 | 26 | 42 | 62 | 63 | 46 | 55 | 48 | 60 | |
| MARZ | Des.Tip | 23 | 16 | 15 | 24 | 19 | 17 | 24 | 28 | 20 | 19 | 23 | 26 | 29 | |
| | Máx. | 106 | 83 | 67 | 100 | 91 | 74 | 87 | 163 | 111 | 94 | 111 | 110 | 126 | |
| | Media | 53 | 34 | 31 | 49 | 41 | 49 | 50 | 69 | 74 | 53 | 68 | 63 | 75 | 62 |
| ABRIL | Des.Tip | 29 | 19 | 21 | 30 | 23 | 26 | 27 | 32 | 24 | 20 | 25 | 27 | 30 | 24 |
| | Máx | 115 | 95 | 106 | 119 | 107 | 97 | 108 | 138 | 134 | 101 | 130 | 125 | 139 | 114 |
| | Media | 58 | 36 | 34 | 51 | 38 | 46 | 53 | 83 | 76 | 57 | 74 | 71 | 83 | 66 |
| MAYO | Des.Tip | 32 | 20 | 23 | 31 | 22 | 27 | 28 | 34 | 27 | 24 | 24 | 24 | 28 | 31 |
| | Máx | 140 | 116 | 119 | 128 | 109 | 116 | 113 | 170 | 152 | 143 | 150 | 112 | 140 | 136 |
| | Media | 55 | 40 | 34 | 44 | 30 | 46 | 37 | 75 | 82 | 76 | 67 | | 65 | 66 |
| JUNIO | Des.Tip | 31 | 19 | 21 | 26 | 17 | 27 | 17 | 35 | 26 | 30 | 30 | | 27 | 30 |
| | Máx | 138 | 99 | 109 | 109 | 80 | 122 | 67 | 154 | 172 | 156 | 156 | | 148 | 149 |
| | Media | 54 | 37 | 34 | 38 | 25 | 41 | 41 | 70 | 80 | 68 | 63 | | 64 | 61 |
| JULIO | Des.Tip | 28 | 19 | 21 | 22 | 14 | 23 | 20 | 30 | 27 | 26 | 20 | | 25 | 27 |
| | Máx | 117 | 110 | 104 | 111 | 85 | 102 | 83 | 159 | 151 | 135 | 115 | | 133 | 135 |
| | Media | 53 | 37 | 27 | 38 | 21 | | 33 | 60 | 77 | 70 | 60 | | 56 | 60 |
| AGOST | Des.Tip | 34 | 17 | 18 | 22 | 13 | | 20 | 32 | 25 | 27 | 19 | | 24 | 28 |
| | Máx | 164 | 92 | 93 | 109 | 72 | | 77 | 144 | 140 | 145 | 107 | | 123 | 131 |
| | Media | 42 | 28 | 25 | 40 | 27 | 32 | 35 | 54 | 57 | 49 | 67 | 54 | 58 | 54 |
| SEPTI | Des.Tip | 37 | 16 | 18 | 25 | 16 | 17 | 21 | 31 | 25 | 24 | 18 | 21 | 24 | 24 |
| | Máx | 109 | 82 | 102 | 115 | 81 | 75 | 91 | 132 | 131 | 134 | 126 | 118 | 125 | 115 |
| | Media | 31 | 19 | 14 | 25 | 21 | 22 | 25 | 40 | 56 | 35 | 56 | 41 | 41 | 36 |
| OCTUB | Des.Tip | 26 | 13 | 13 | 20 | 14 | 18 | 19 | 29 | 21 | 19 | 21 | 22 | 26 | 24 |
| | Máx | 113 | 77 | 70 | 87 | 74 | 88 | 82 | 112 | 125 | 85 | 125 | 105 | 98 | 98 |

* La estación de Elx cambió su ubicación en Septiembre de 2001.

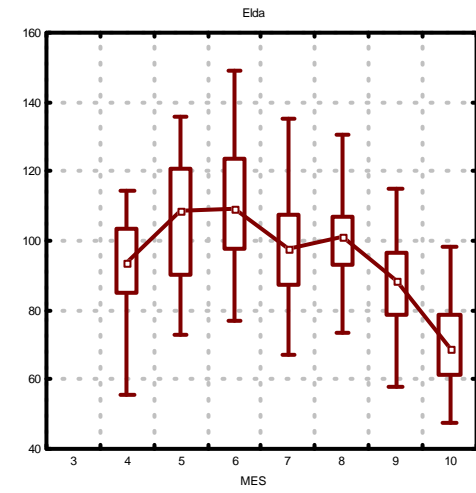
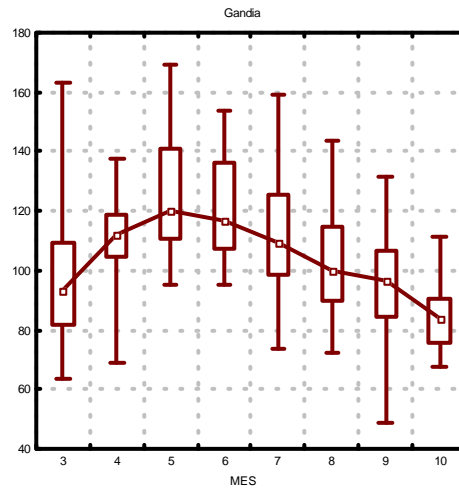
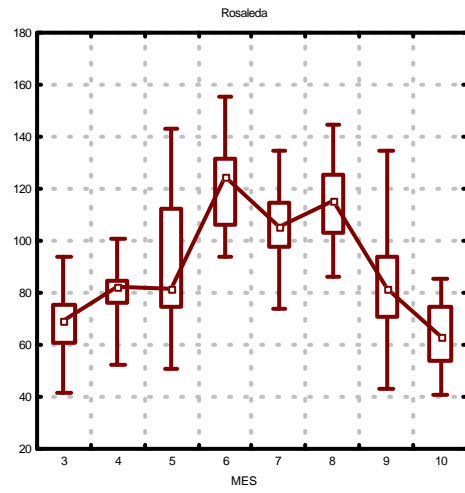
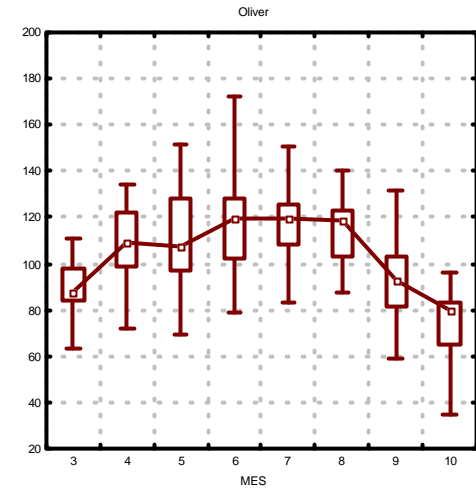
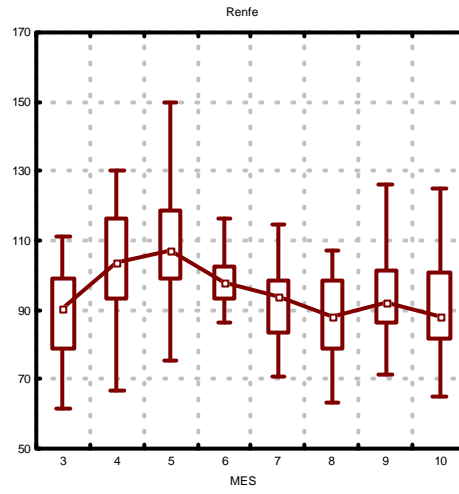
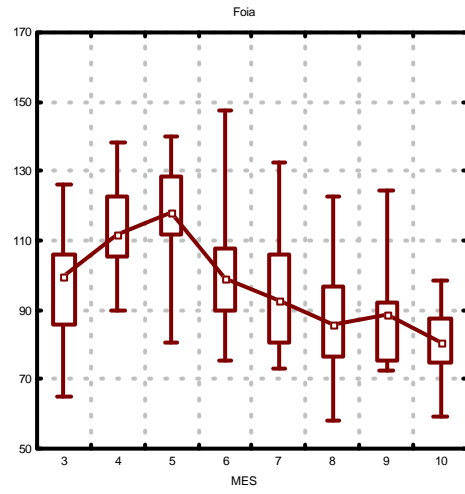
Máximos horarios (Marzo-October 2001)



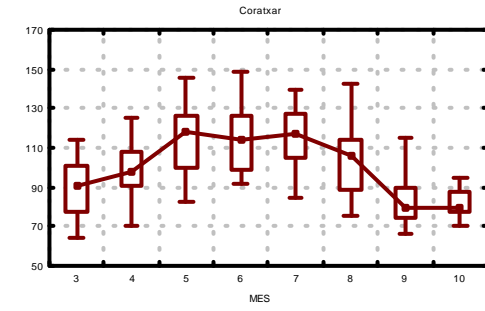
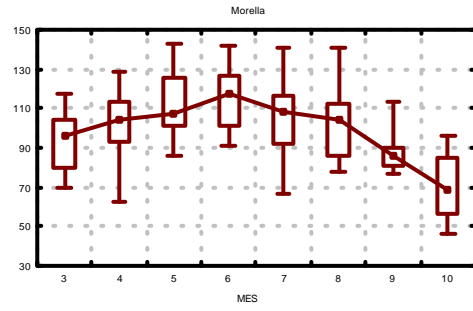
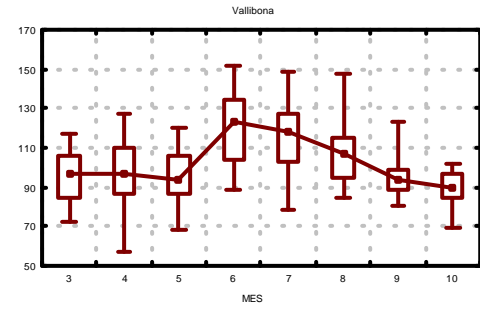
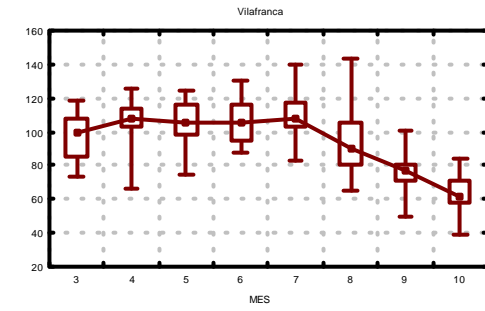
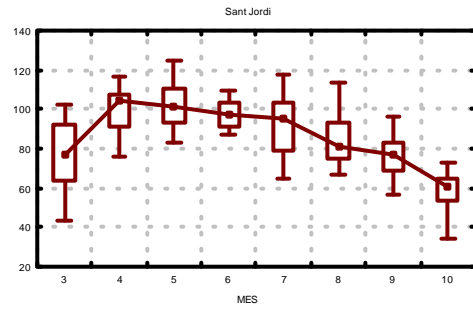
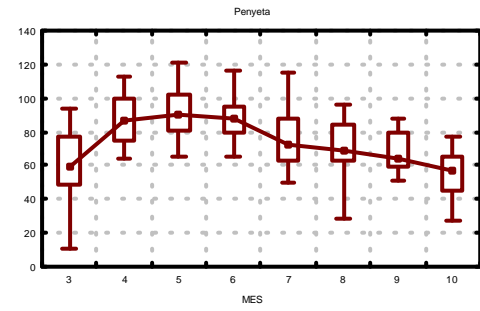
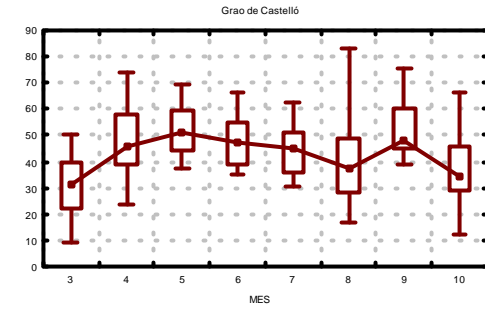
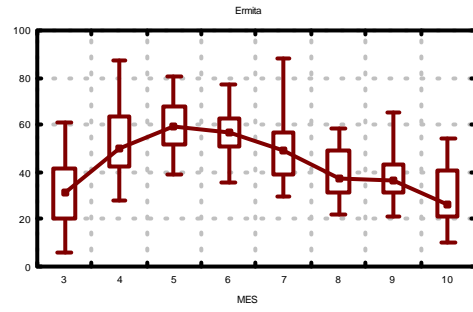
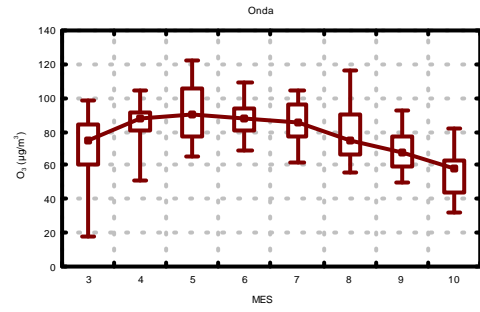
Máximos horarios (Marzo-October 2001)



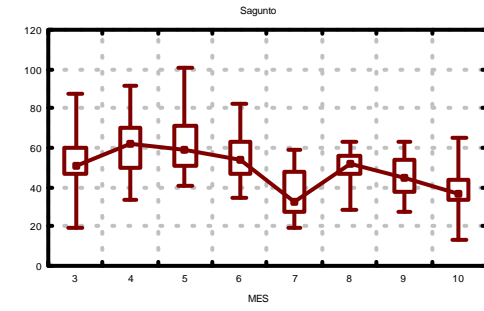
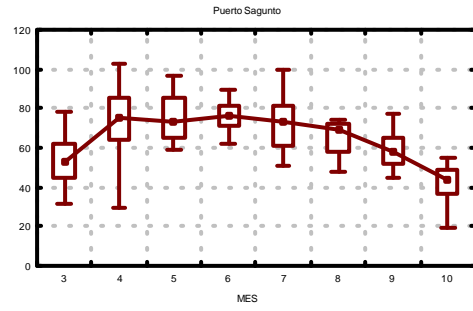
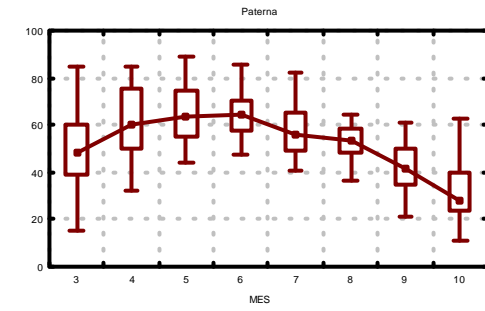
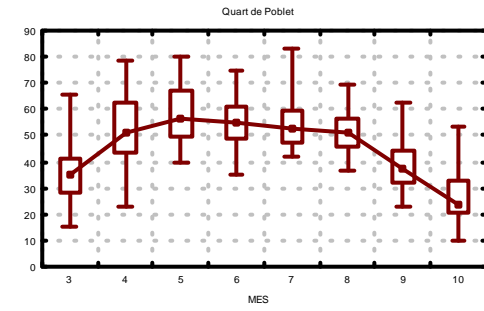
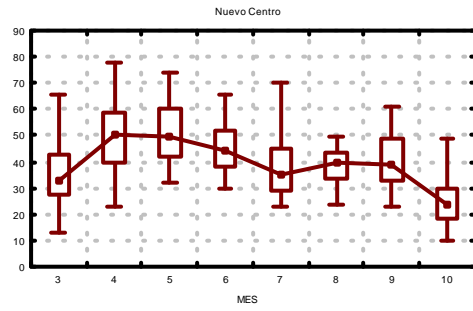
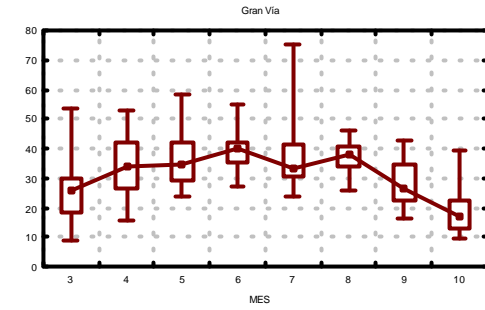
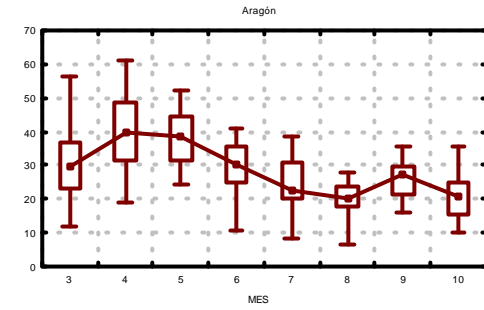
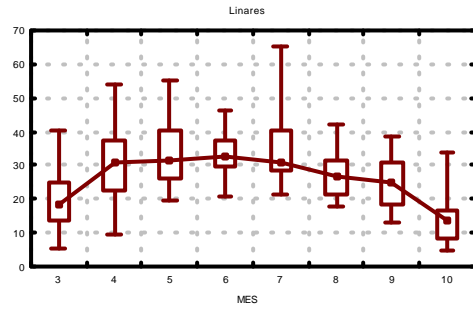
Máximos horarios (Marzo-October 2001)



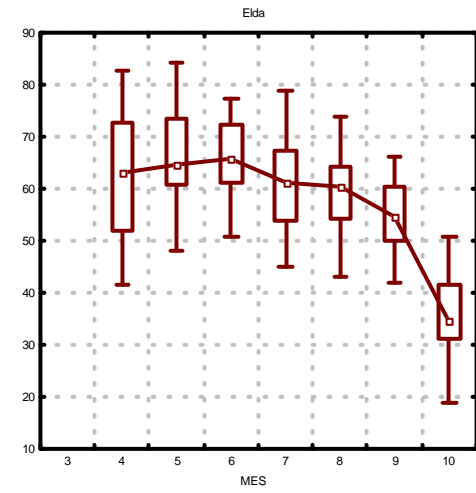
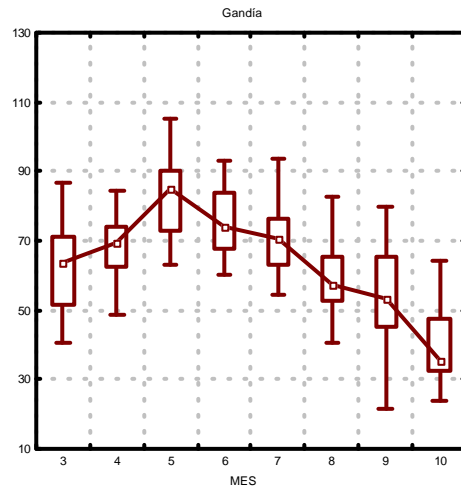
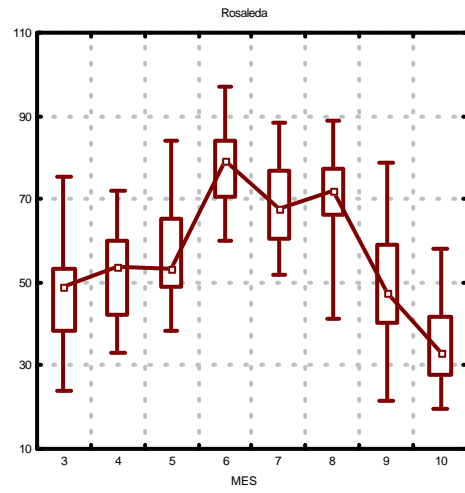
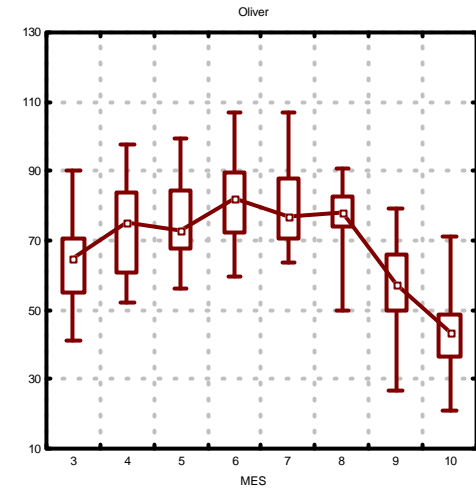
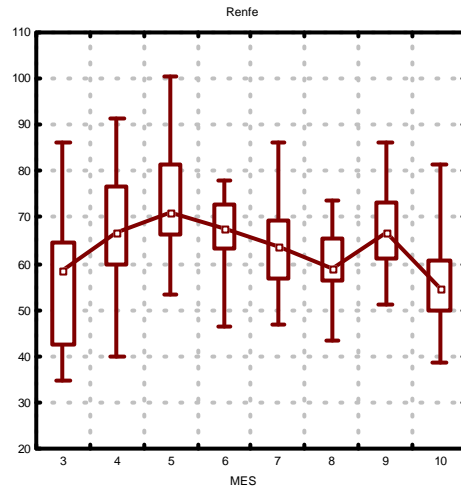
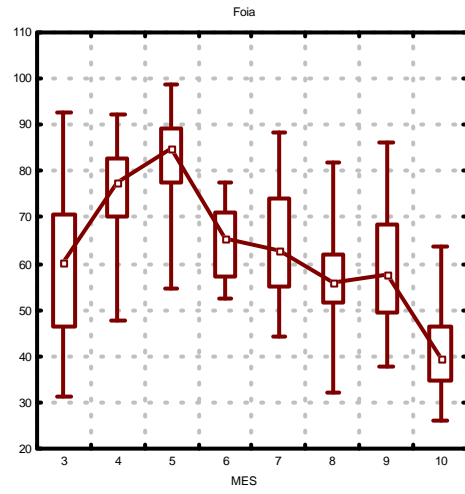
Medias Diarias (Marzo-Octubre 2001)



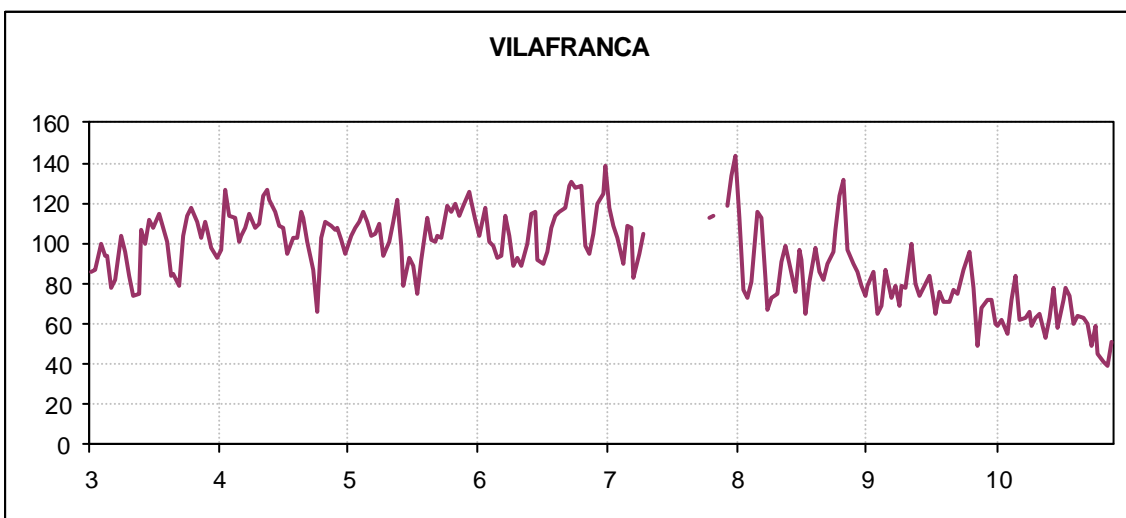
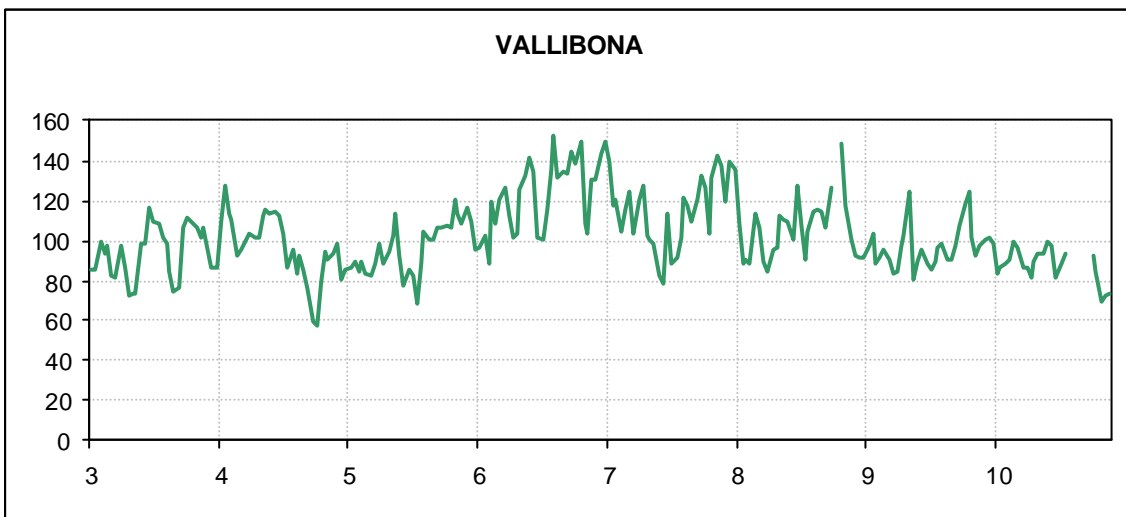
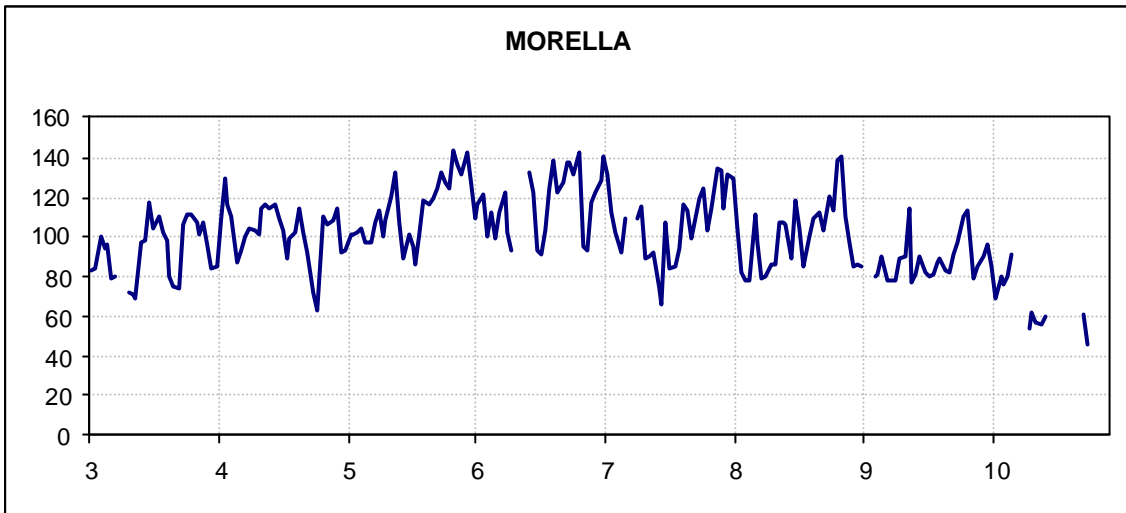
Medias Diarias (Marzo-Octubre 2001)

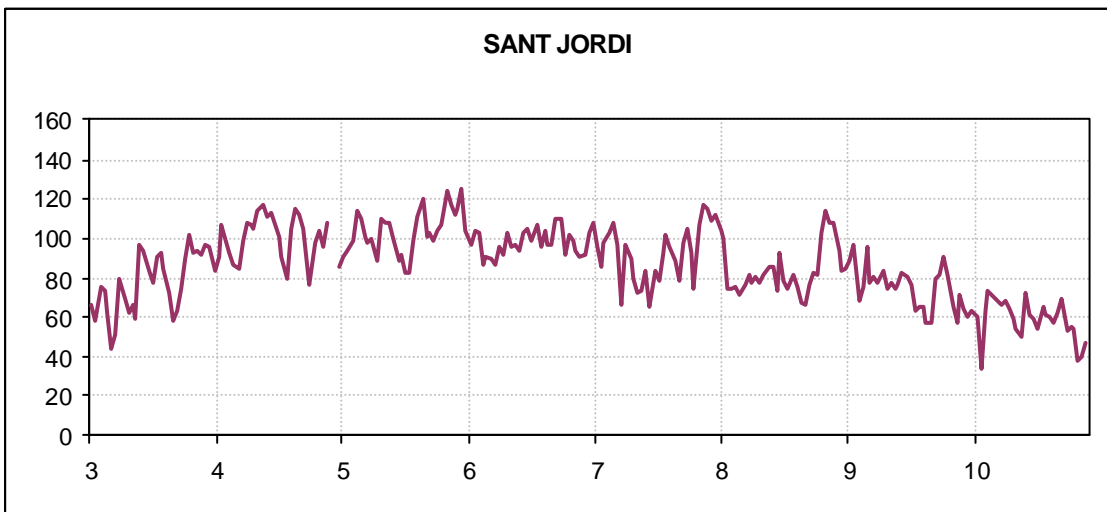
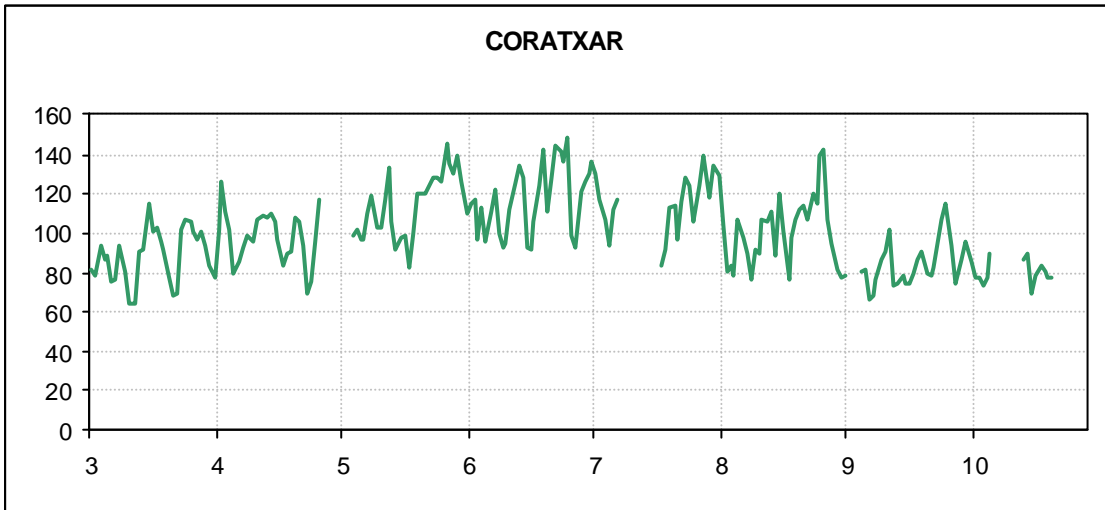
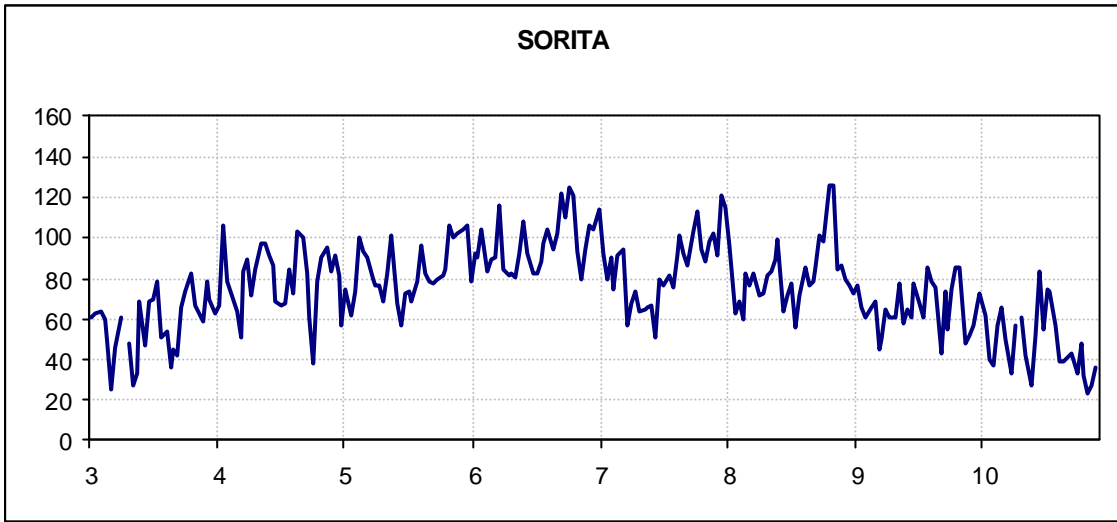


Medias Diarias (Marzo-Octubre 2001)

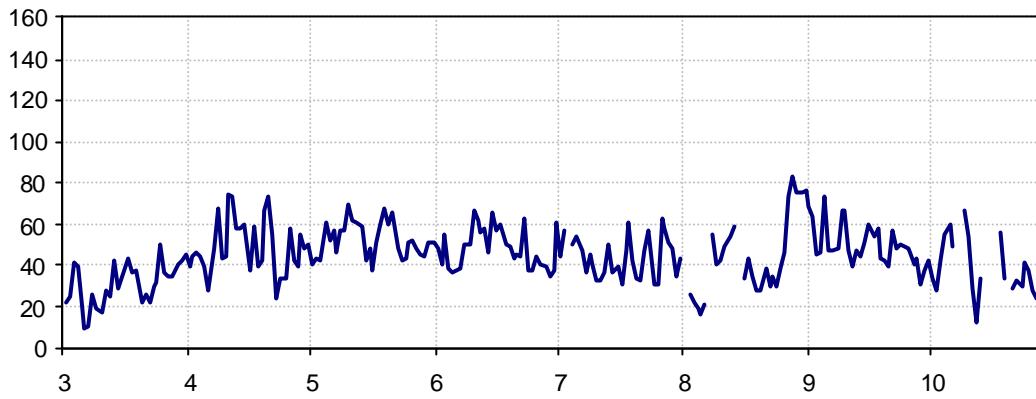


MEDIAS DIARIAS O3 Marzo - Octubre 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

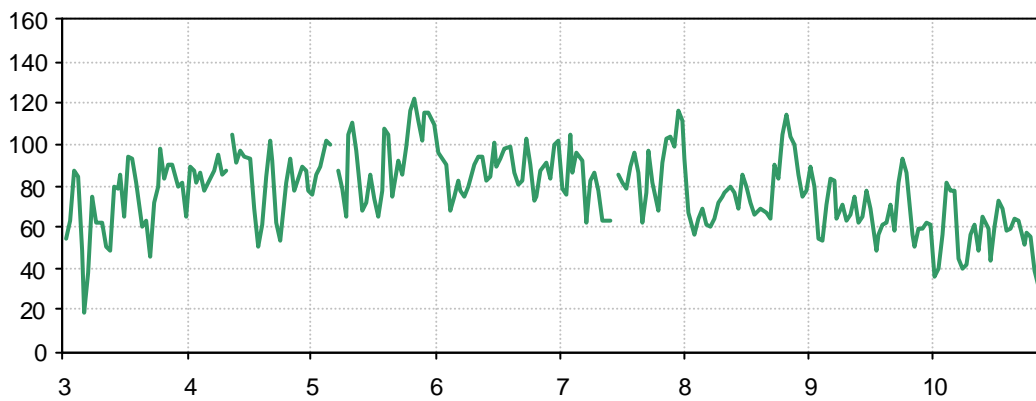




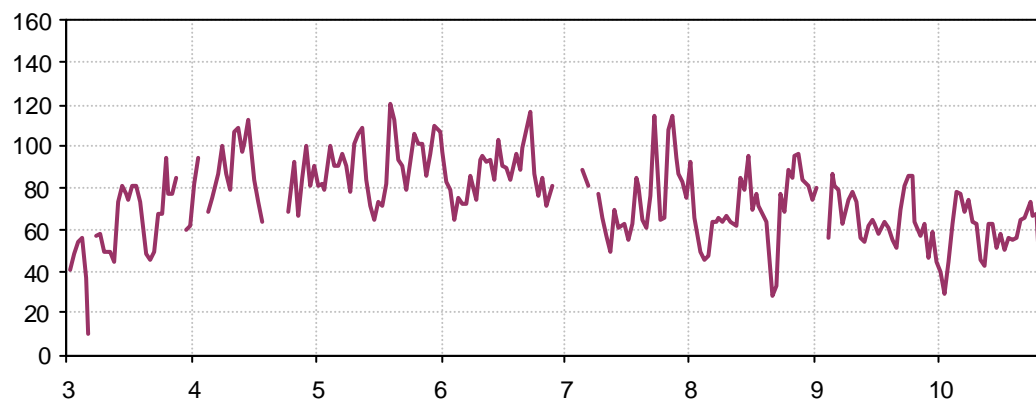
EL GRAU



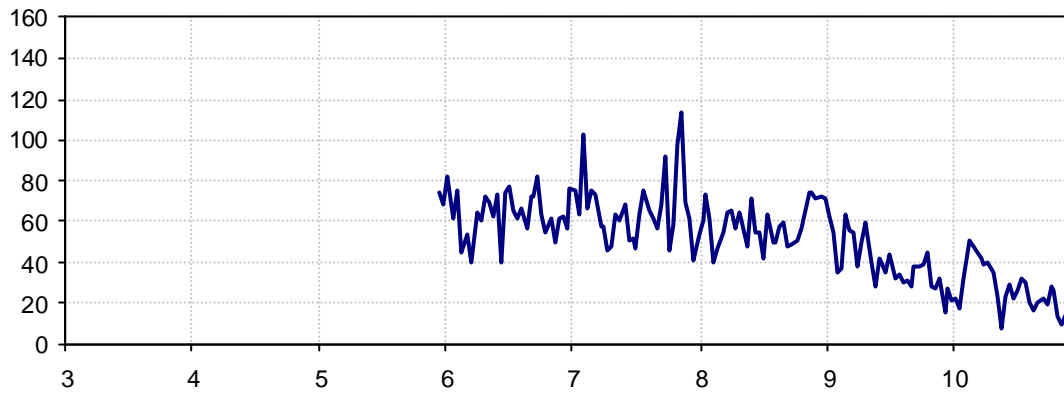
ONDA



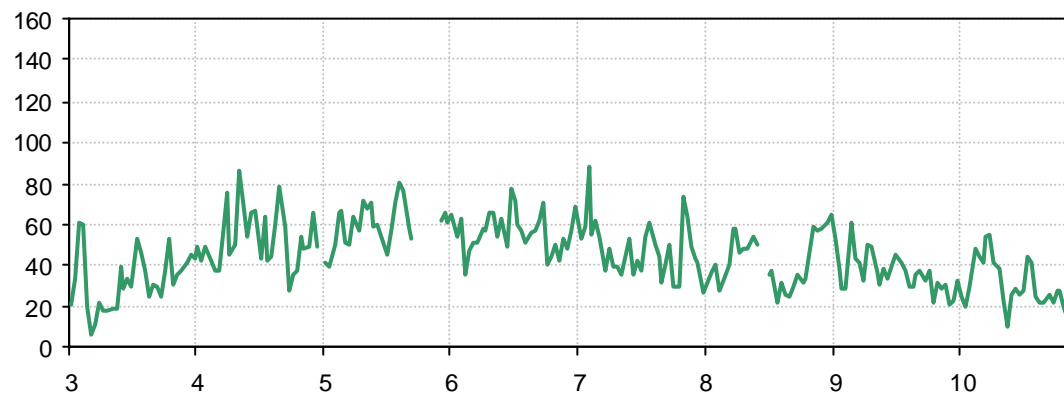
PENYETA



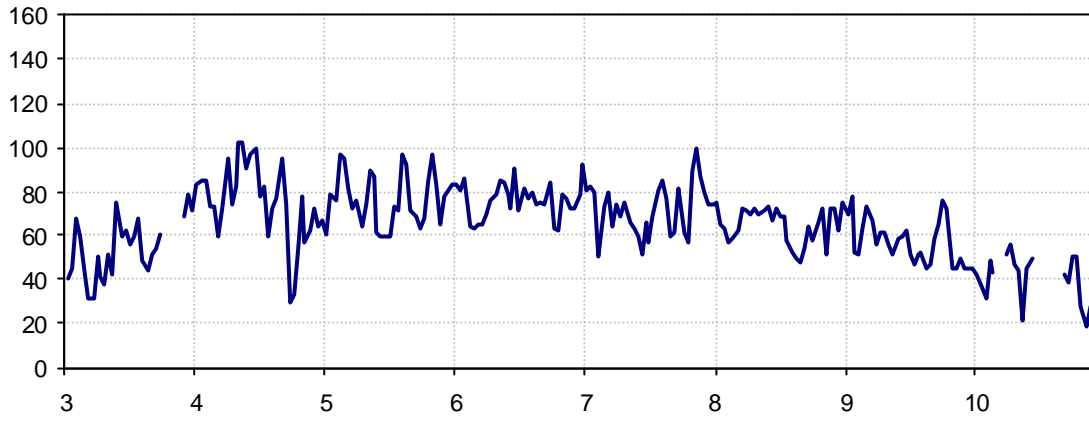
CASTELLÓ



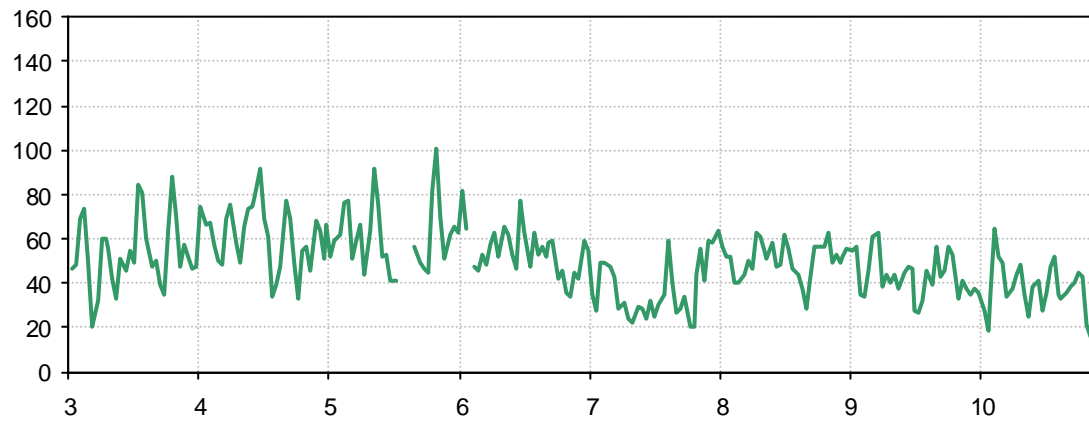
ERMITA

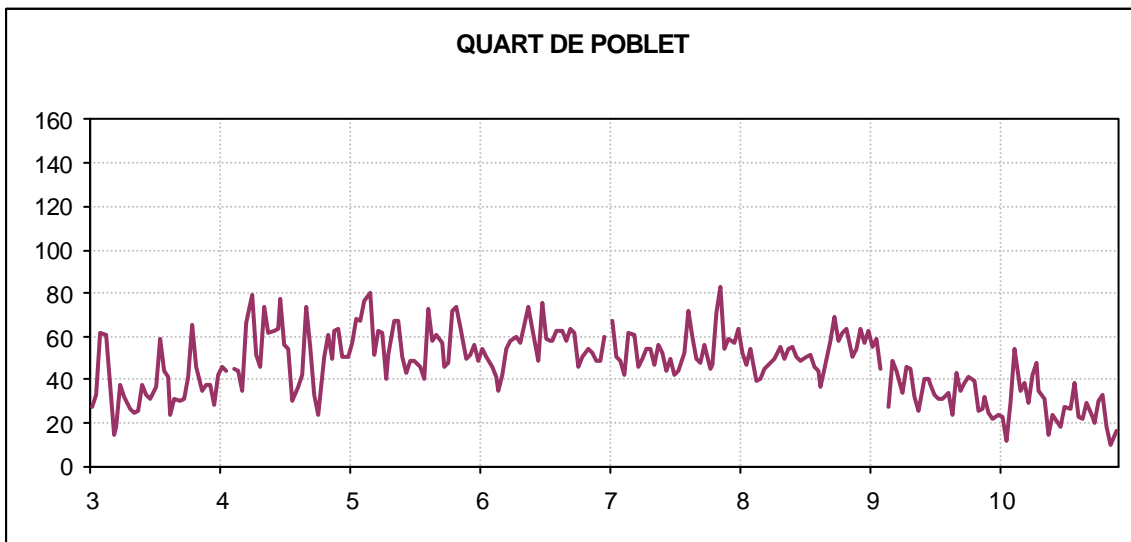
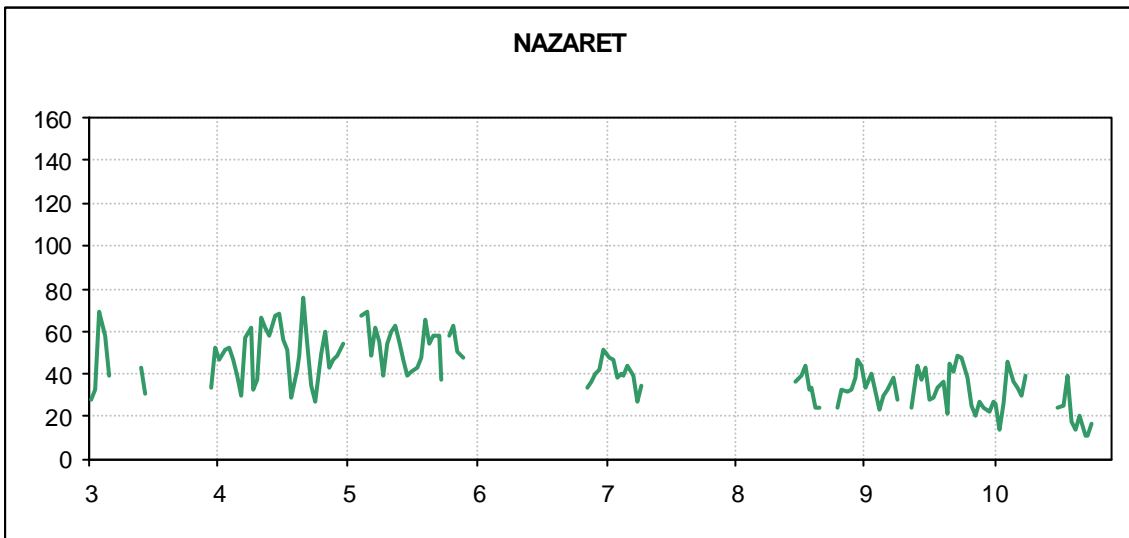
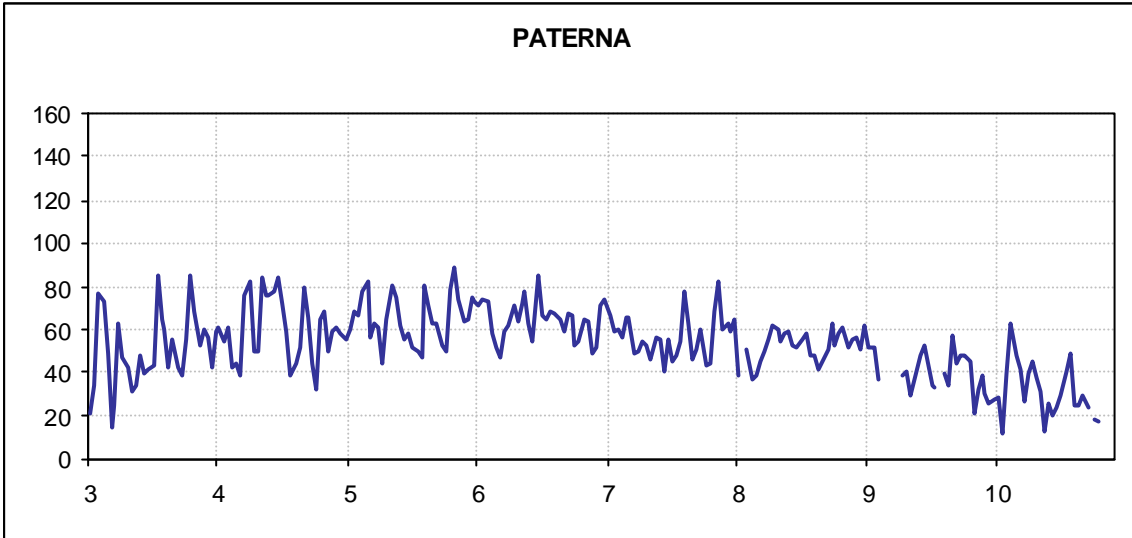


PORT DE SAGUNT

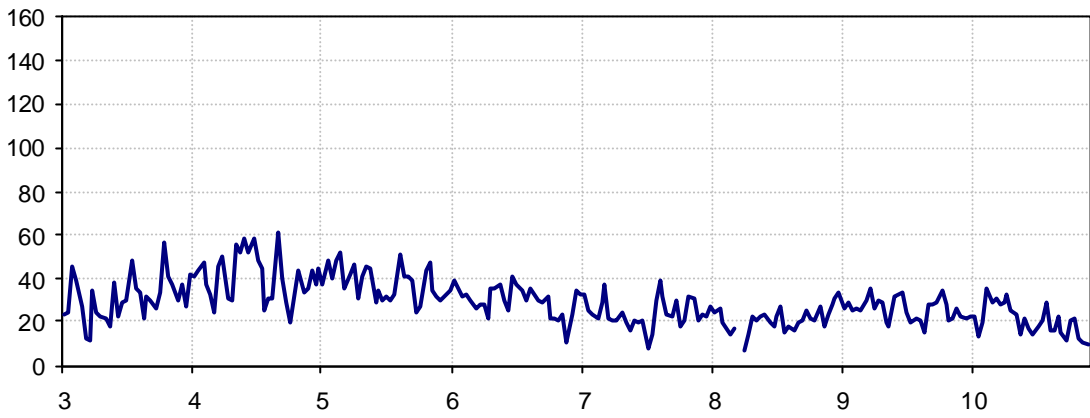


SAGUNT

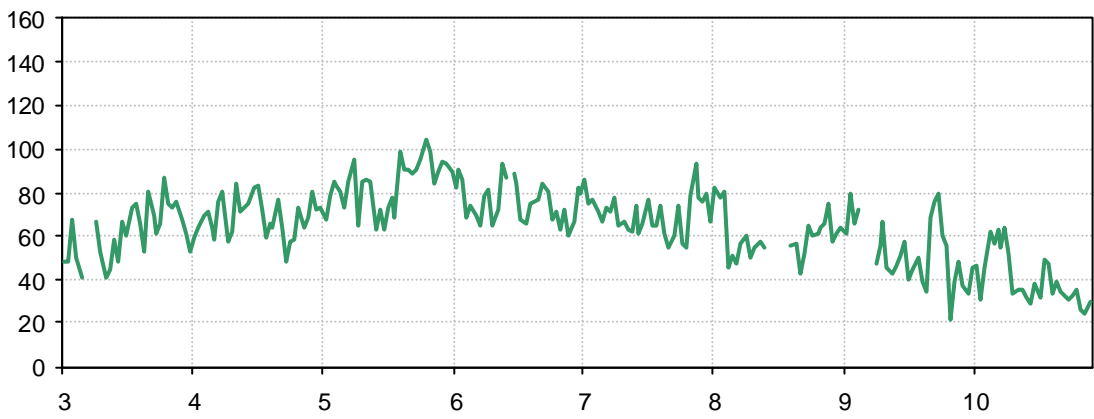




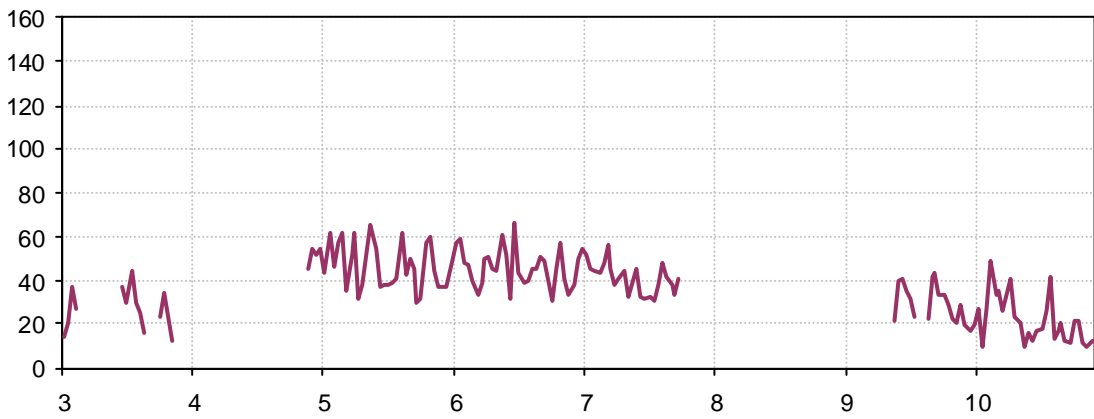
ARAGÓ



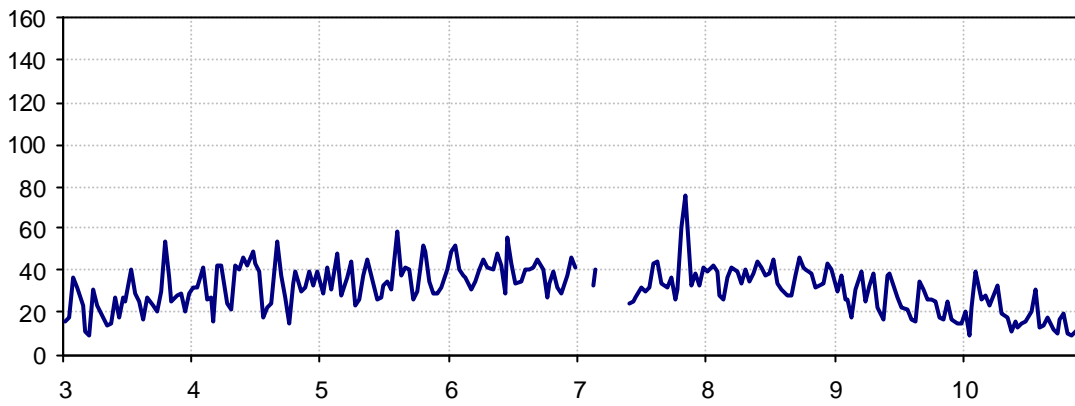
GANDIA



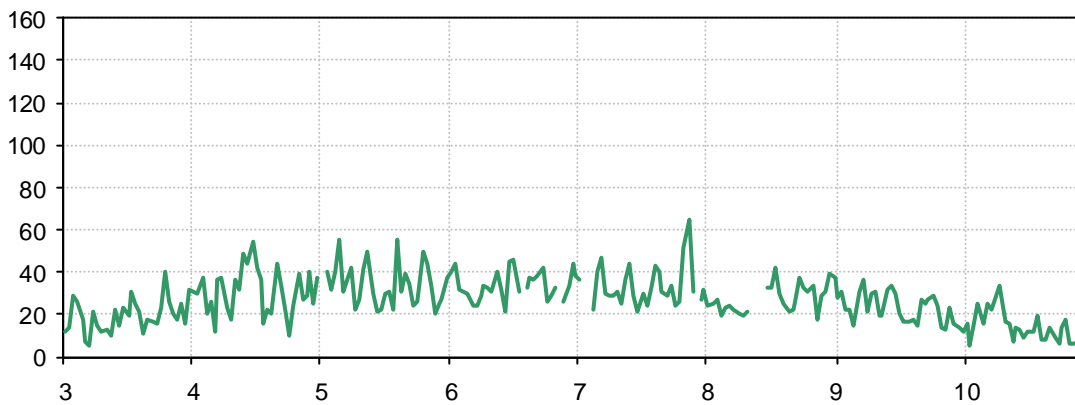
PISTA DE SILLA



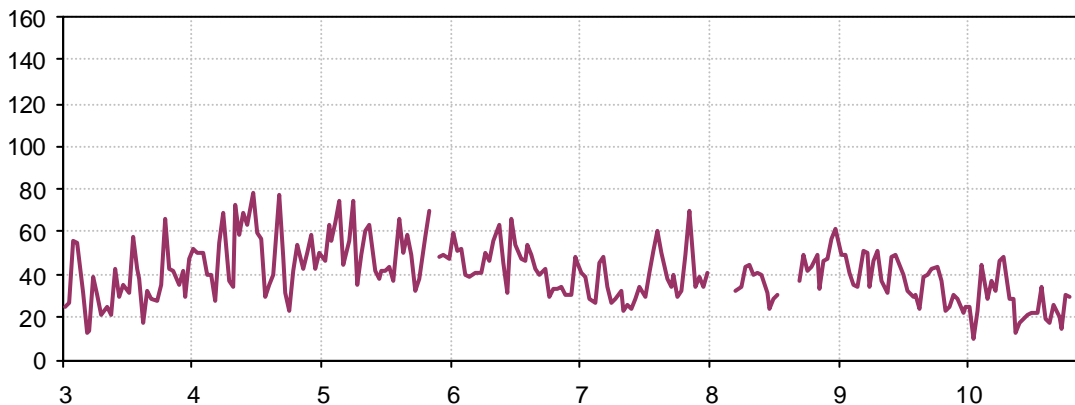
GRAN VIA

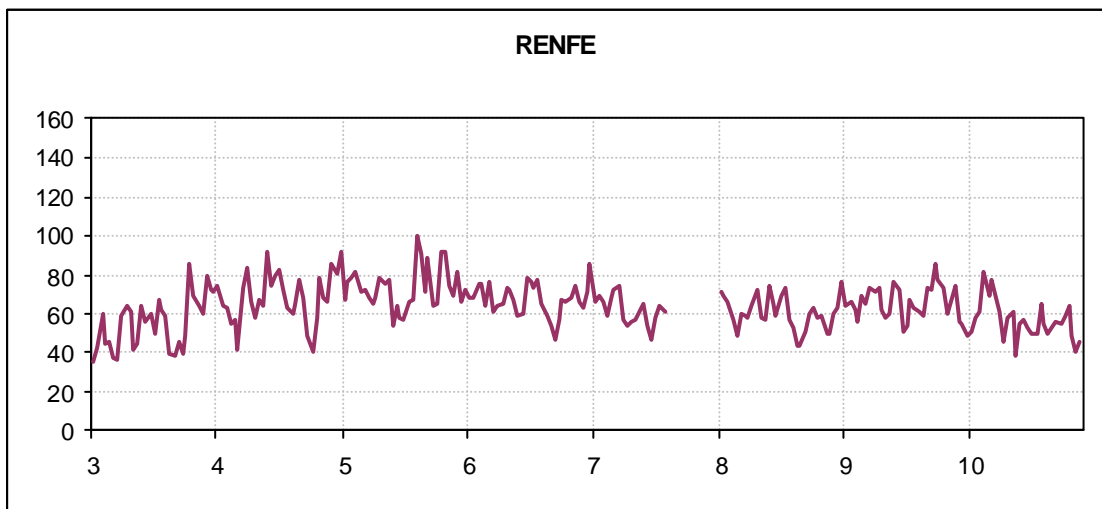
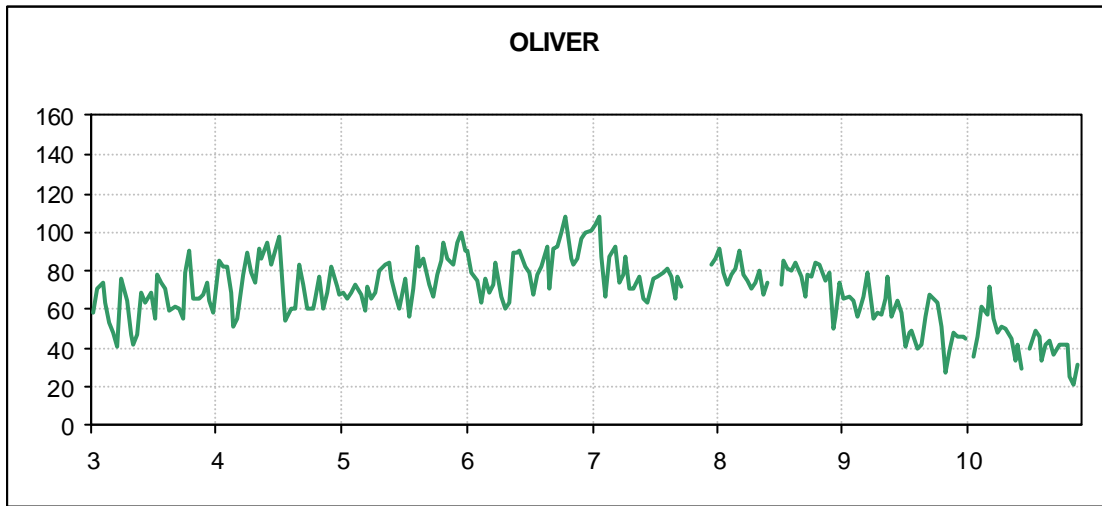
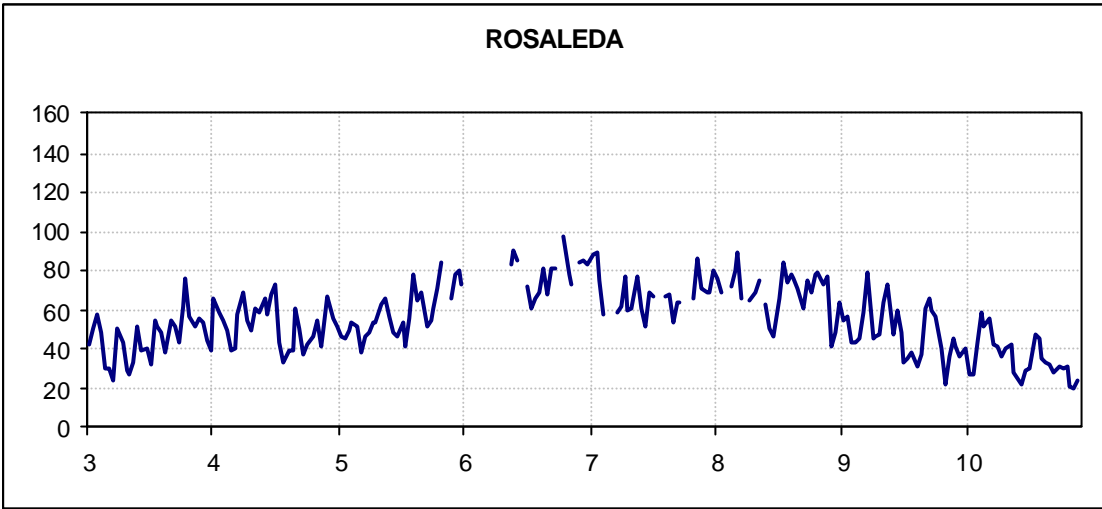


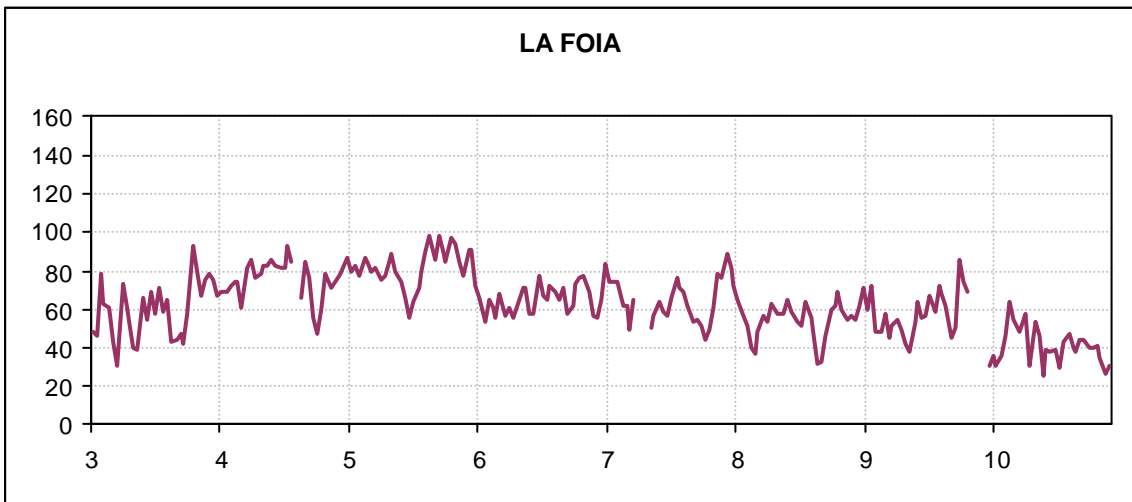
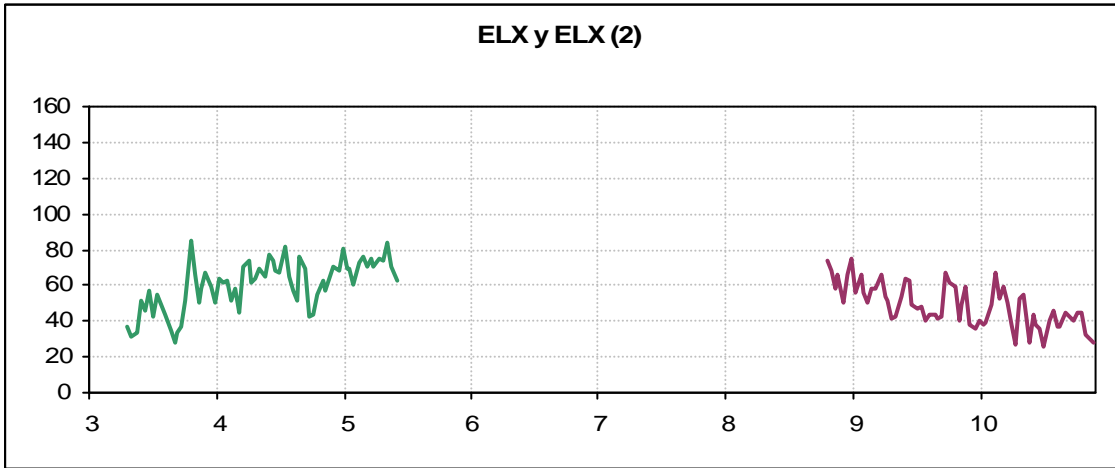
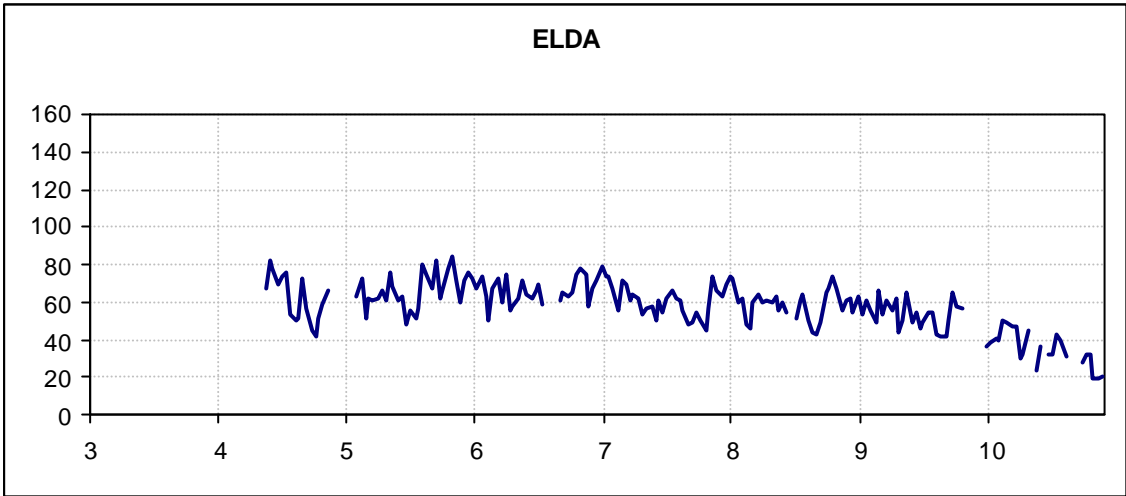
LINARES



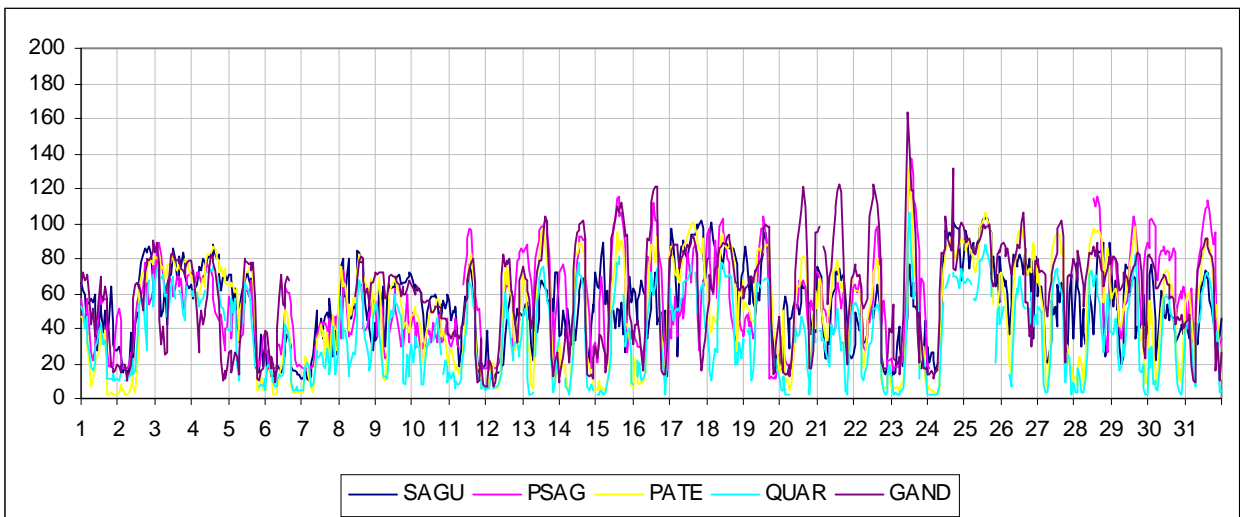
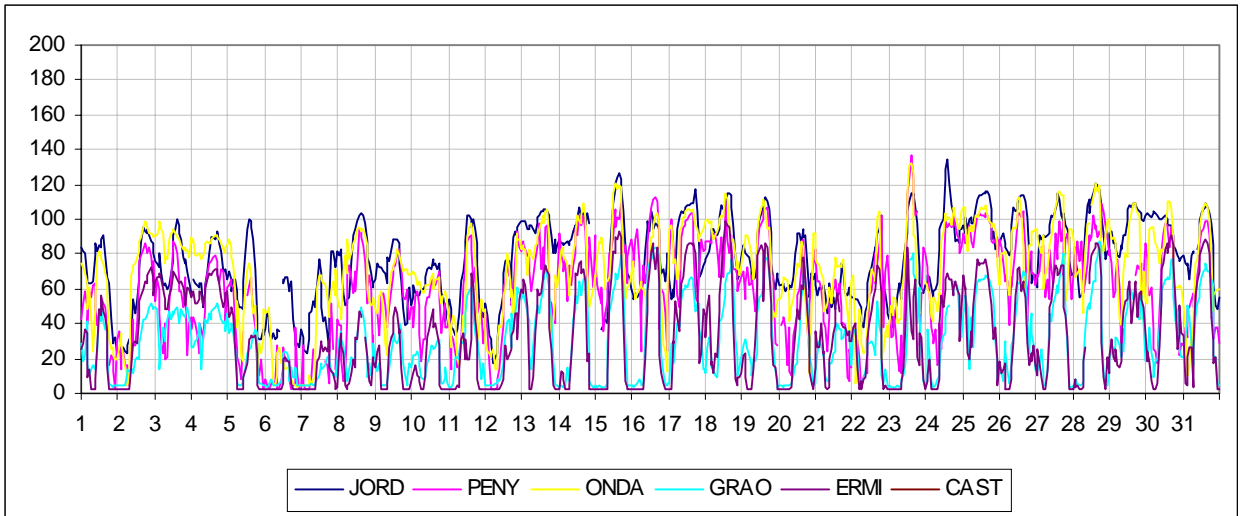
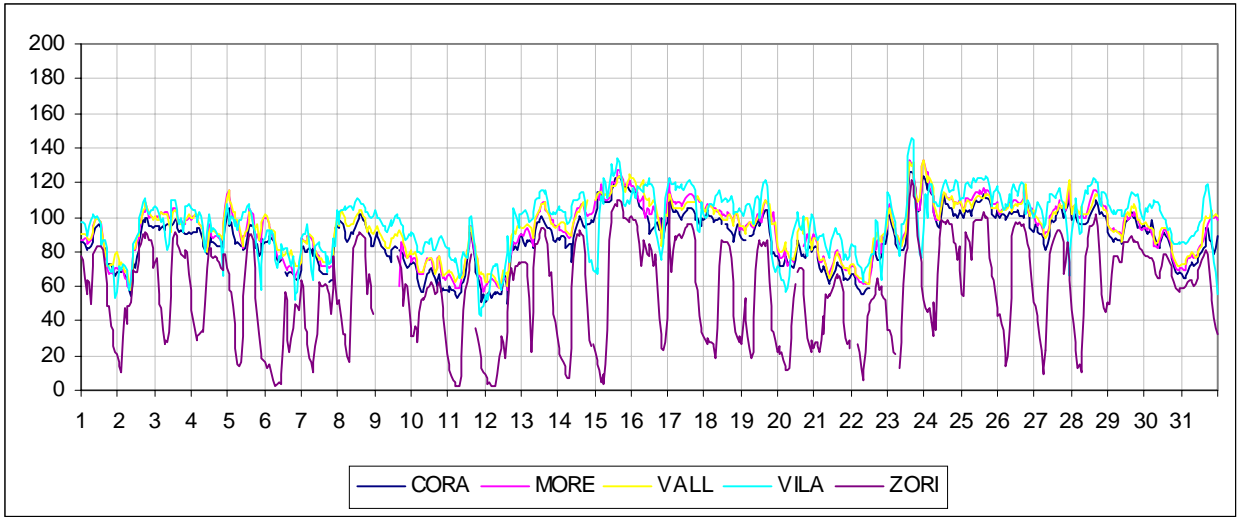
NUEVO CENTRO

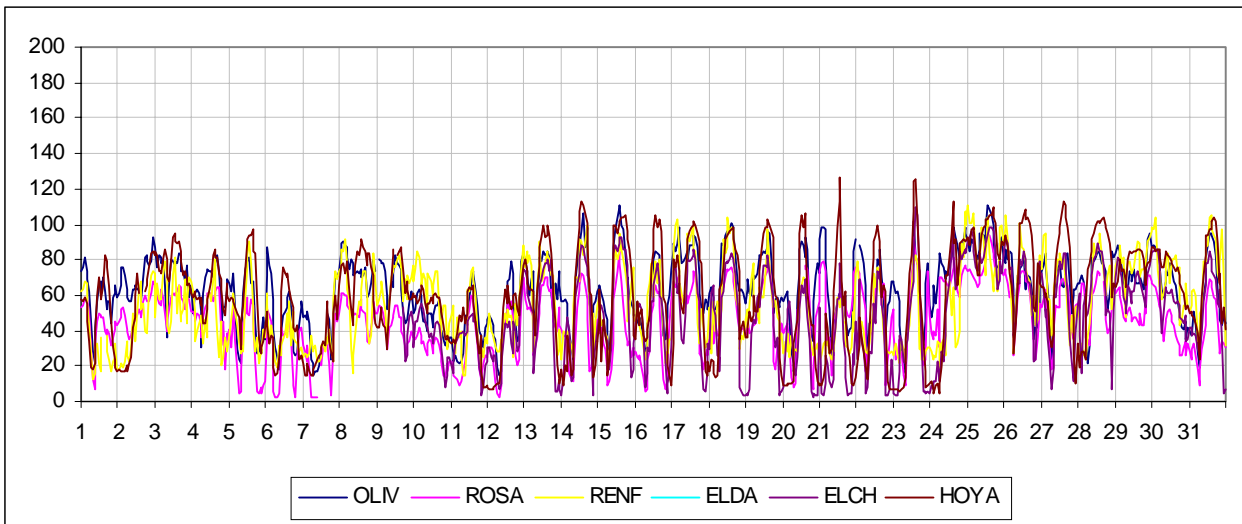
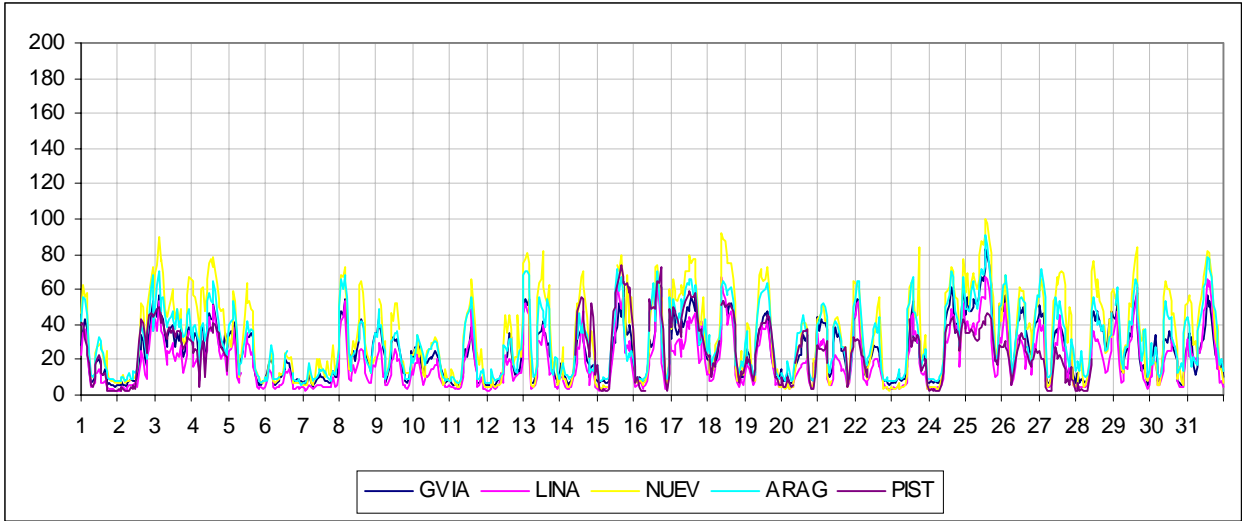




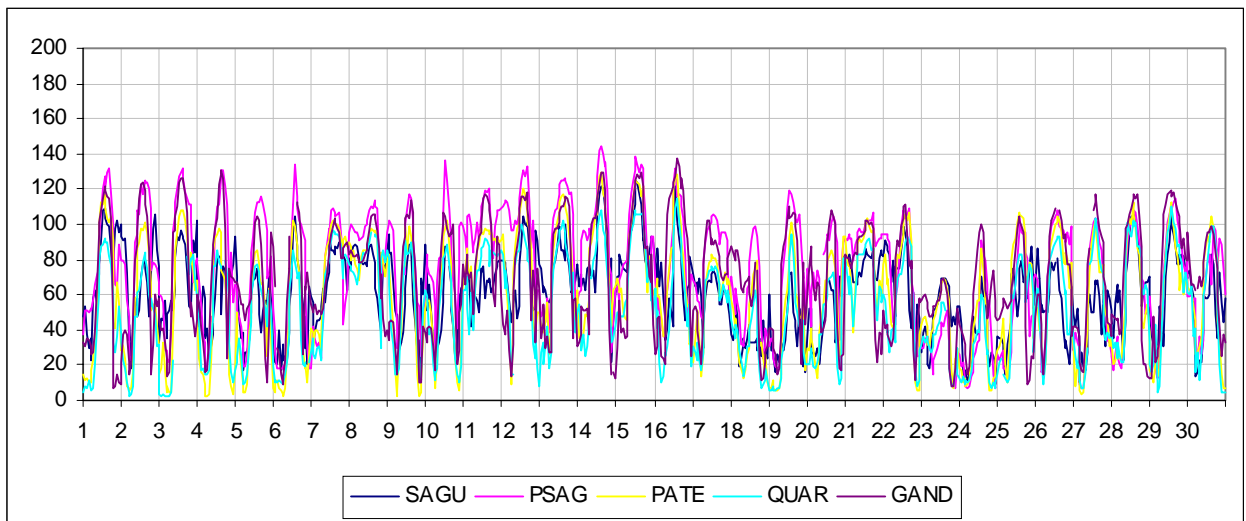
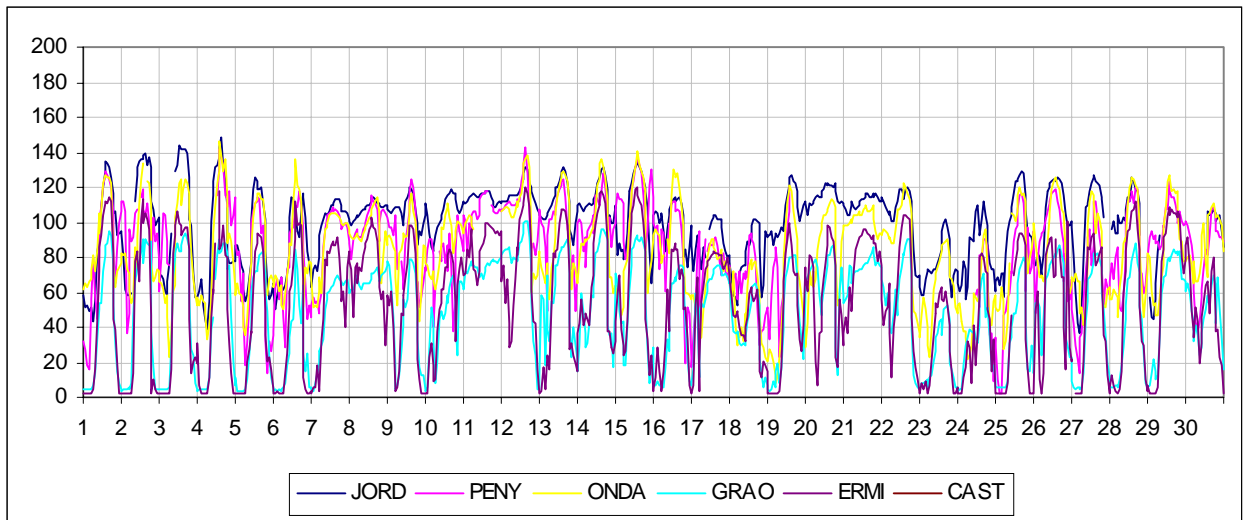
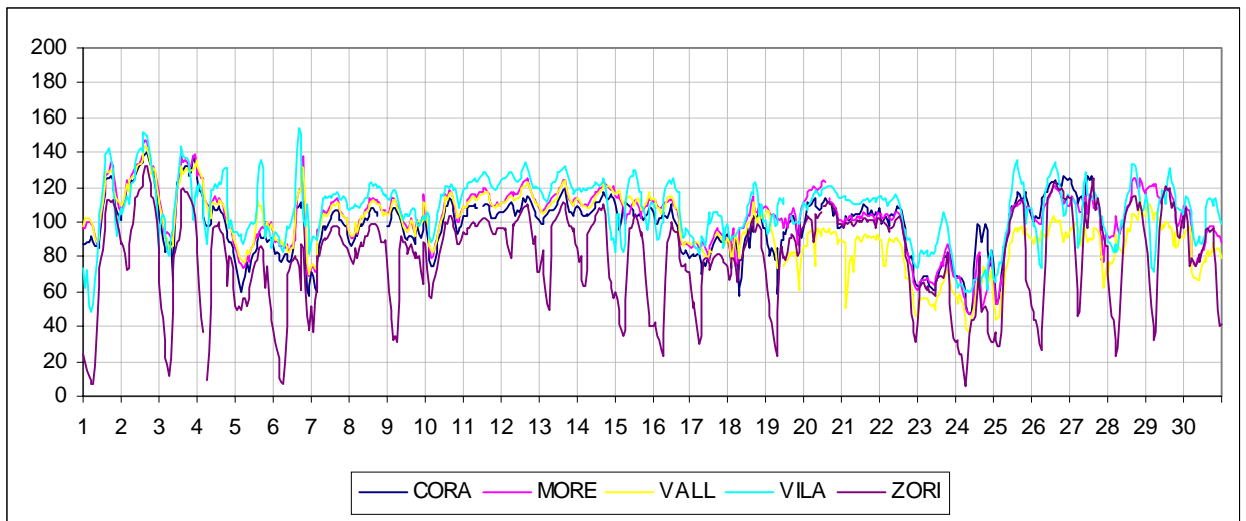


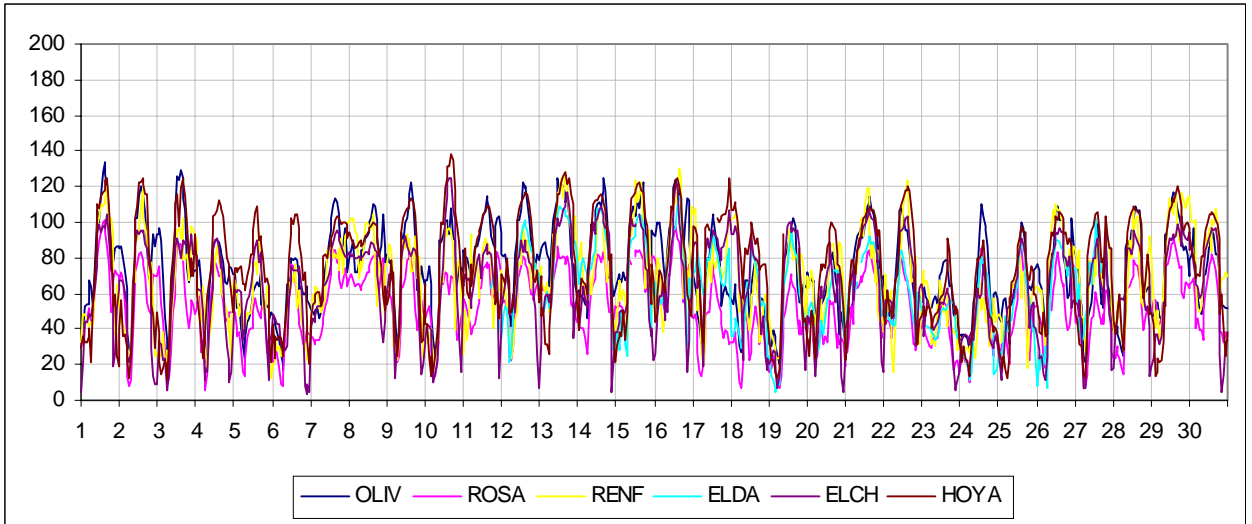
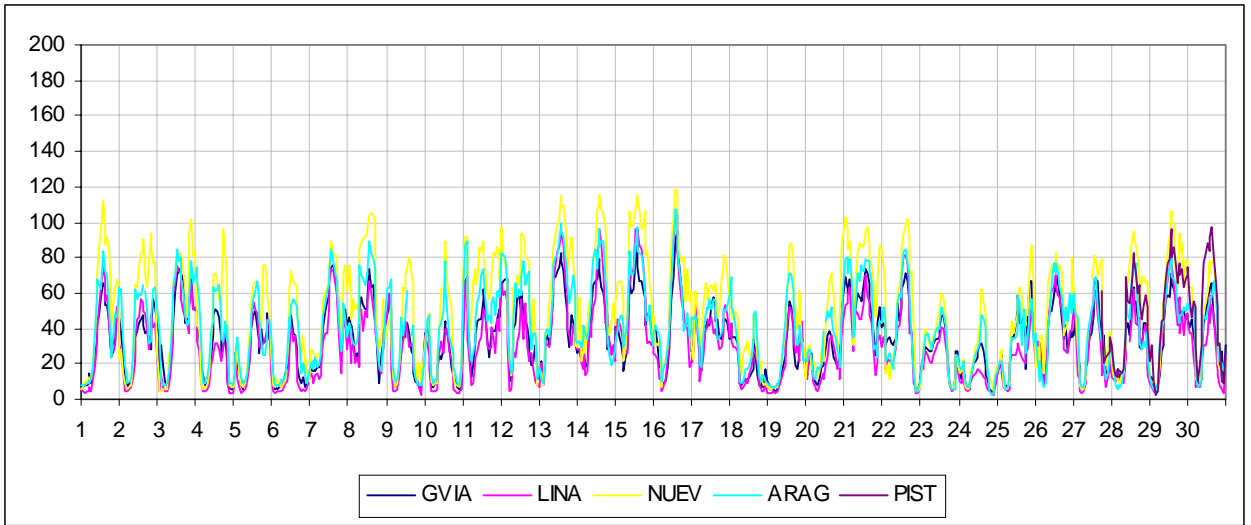
MEDIAS HORARIAS O3 Marzo 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



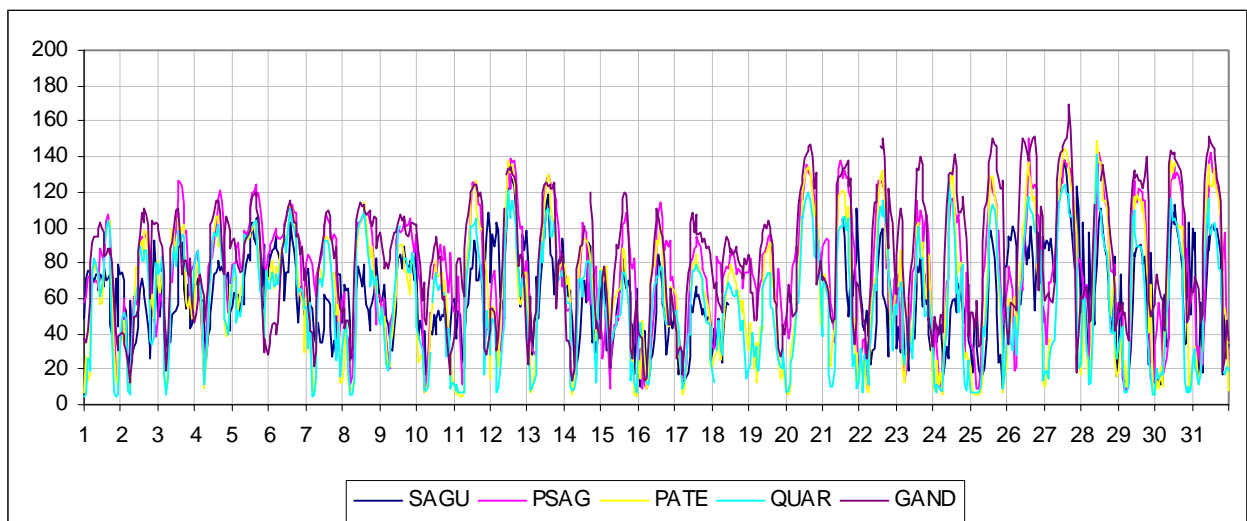
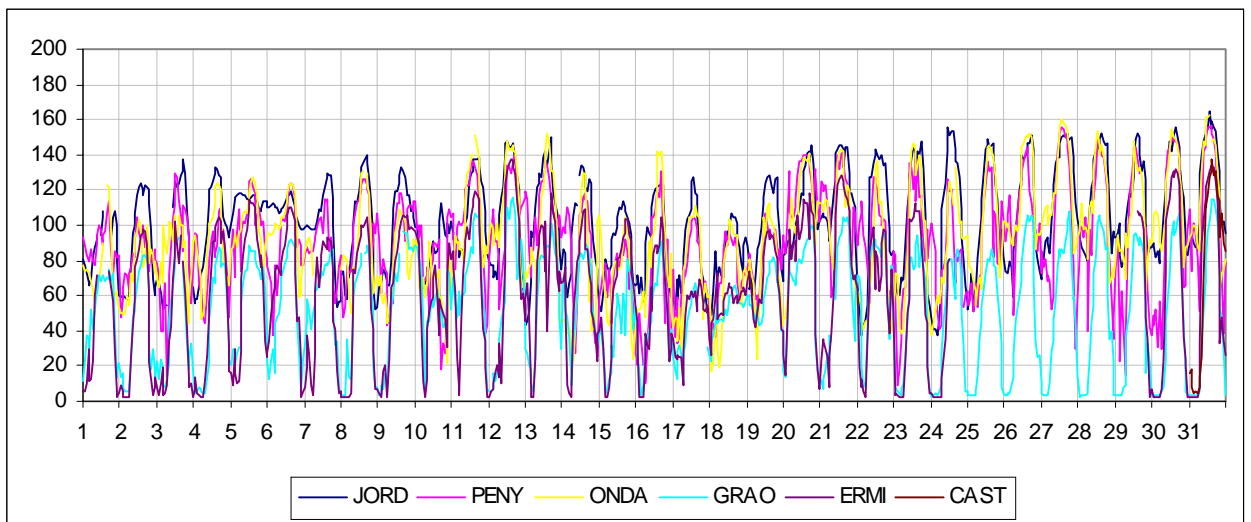
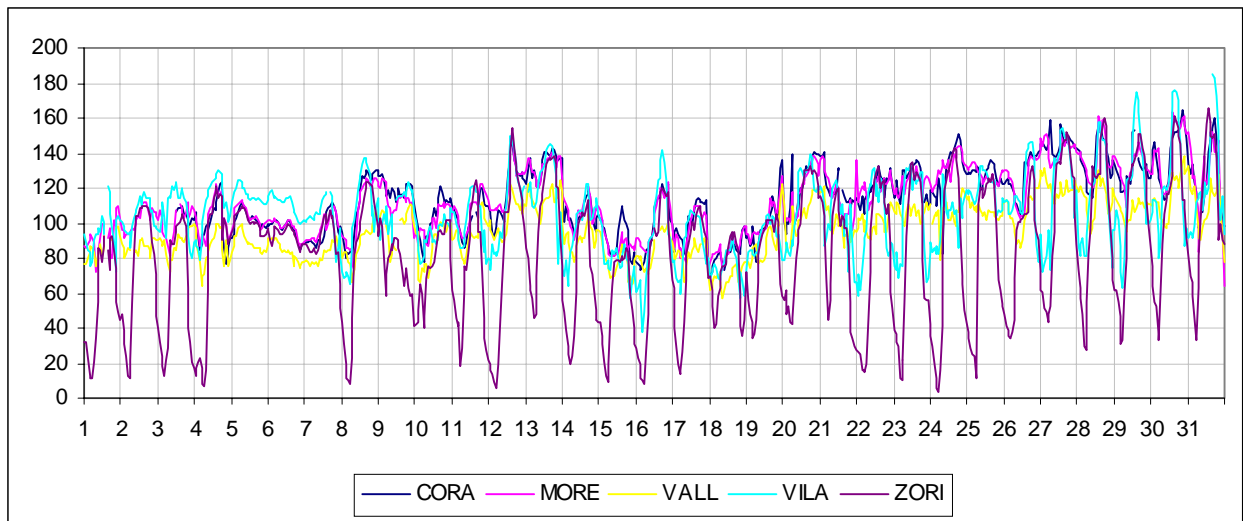


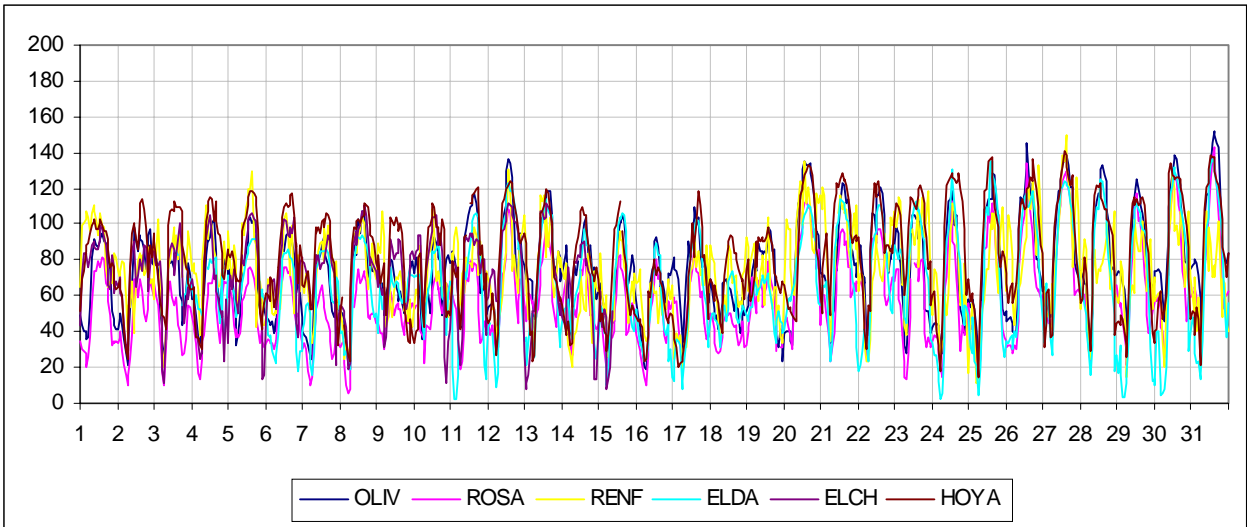
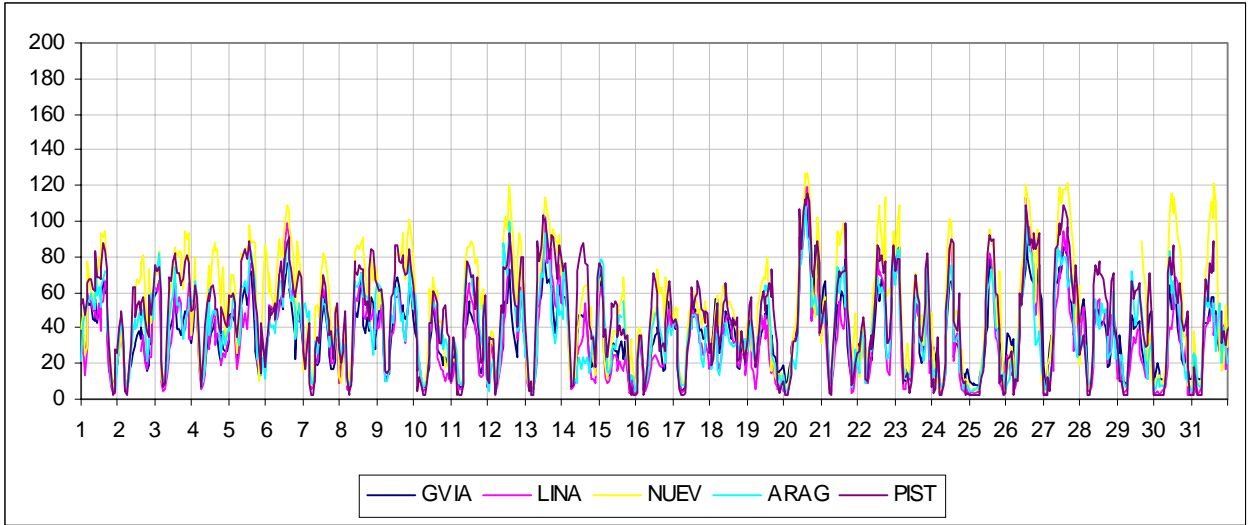
MEDIAS HORARIAS O3 Abril 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



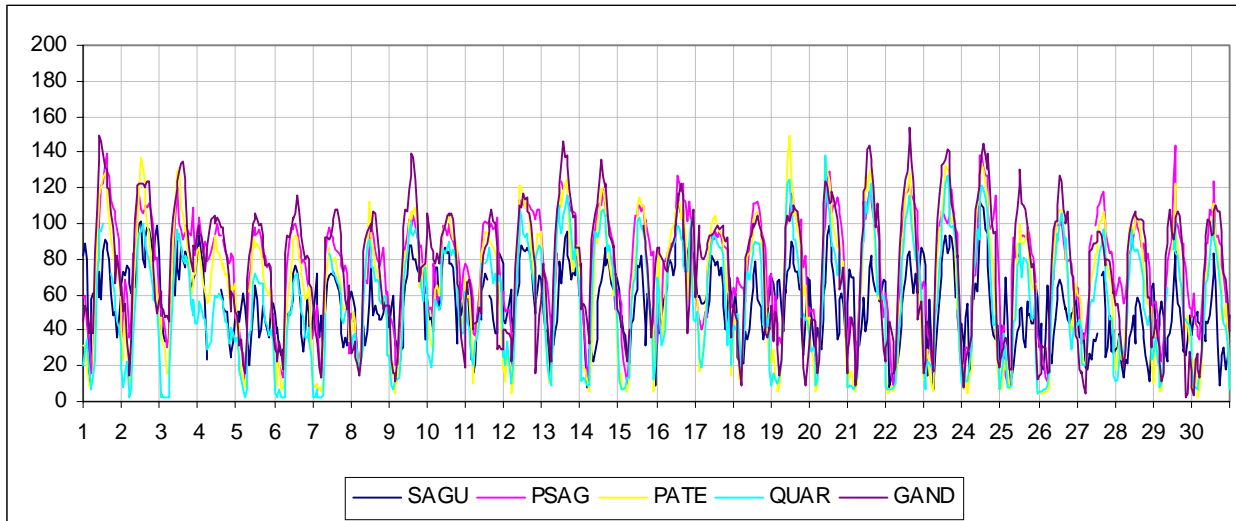
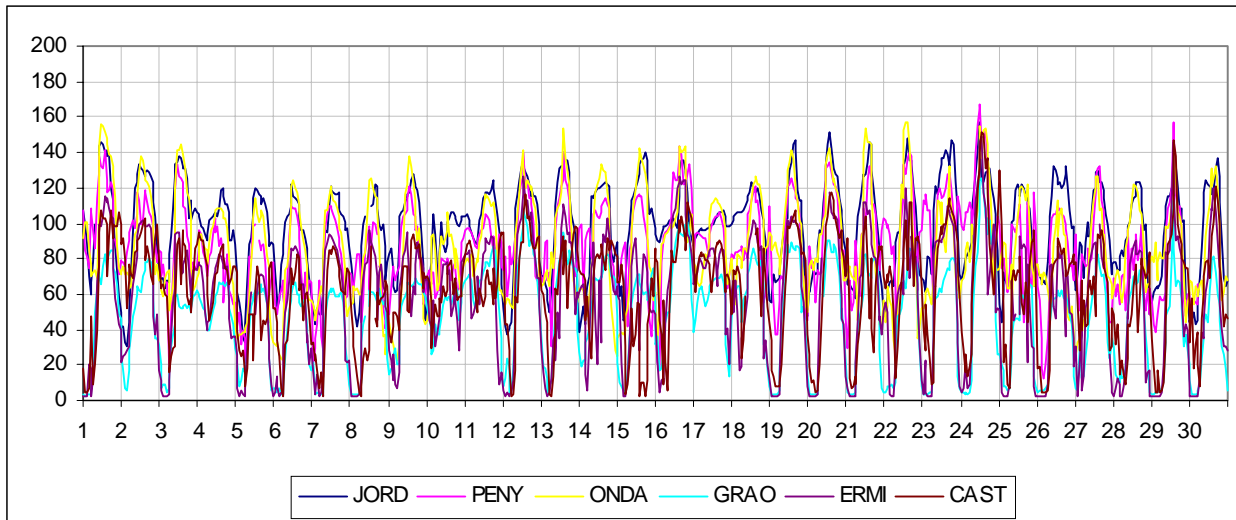
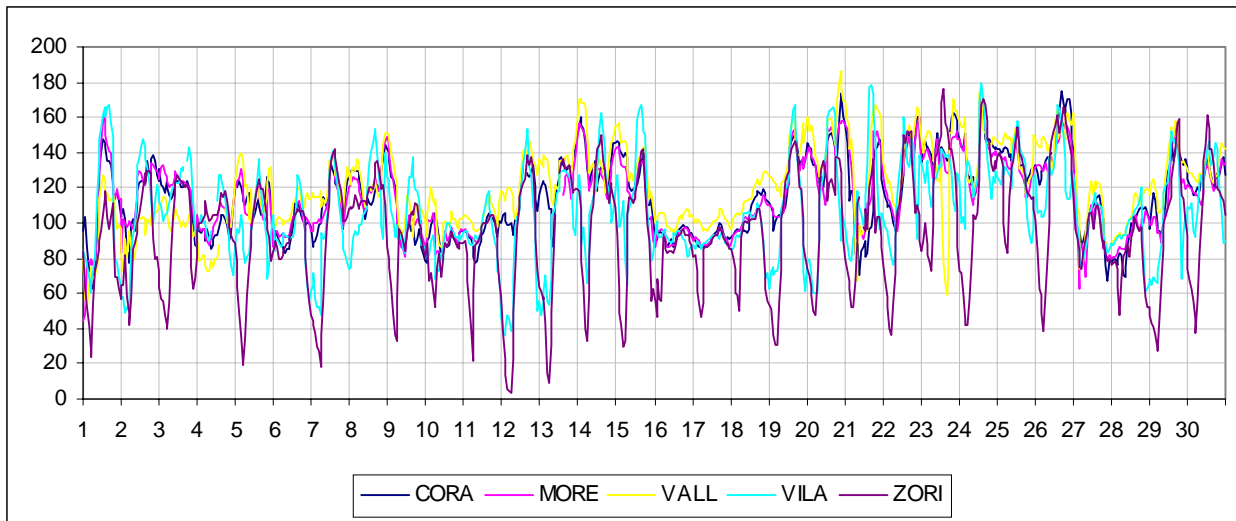


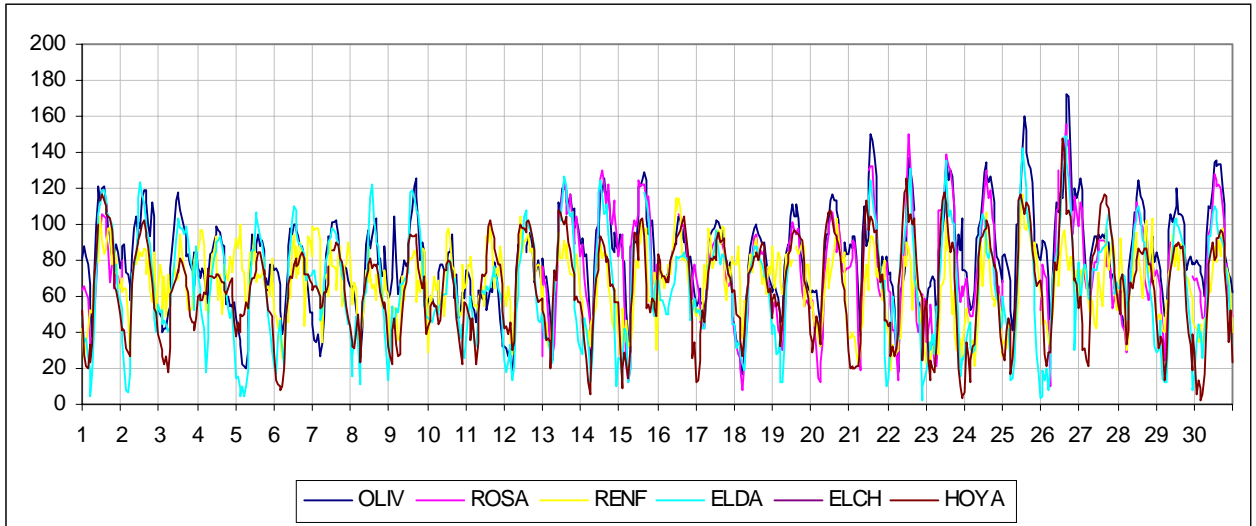
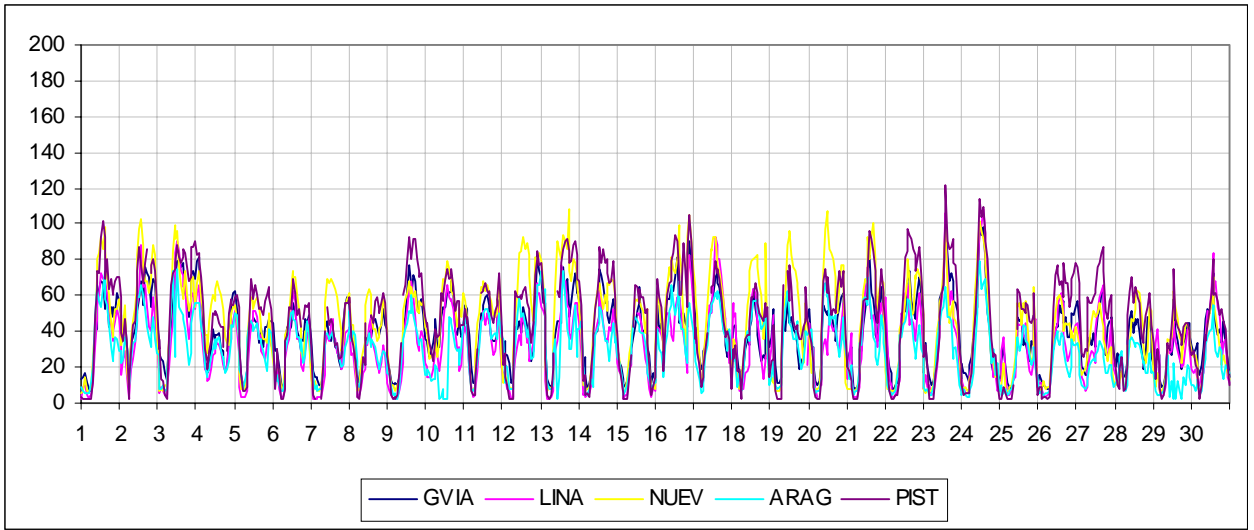
MEDIAS HORARIAS Mayo 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



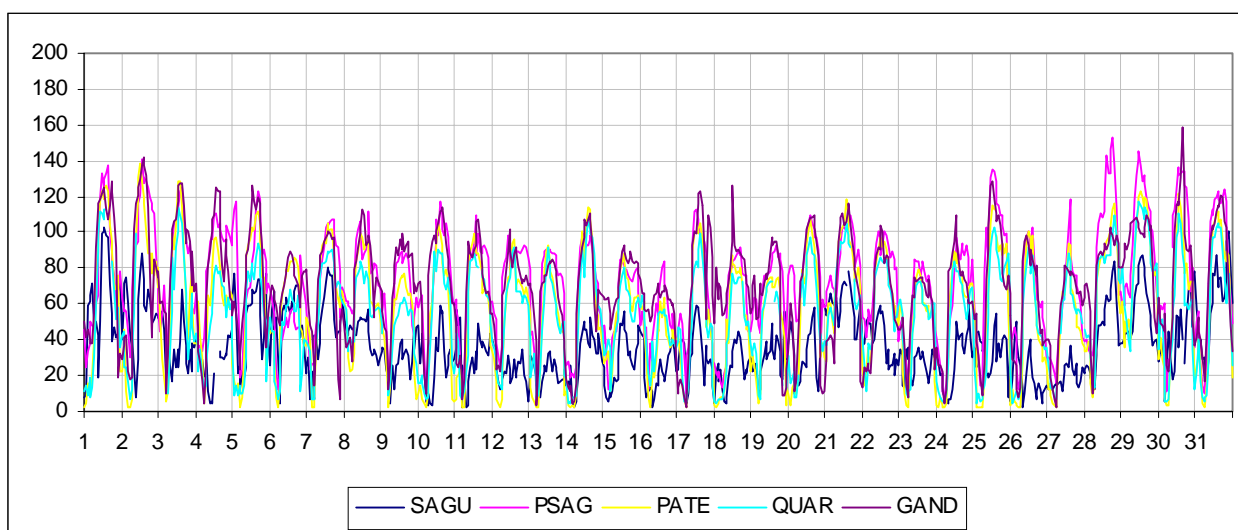
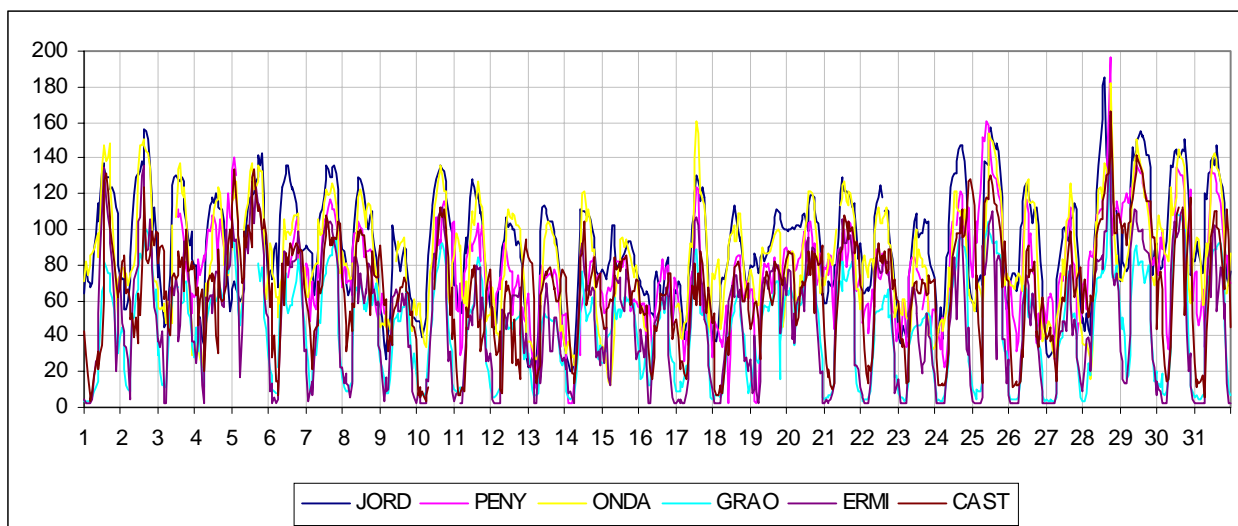
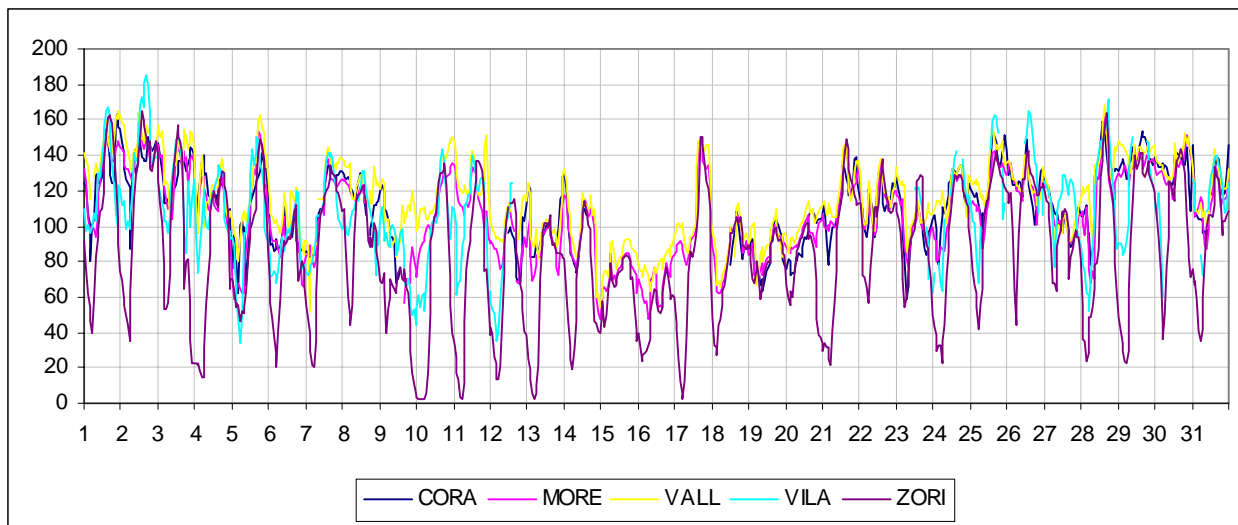


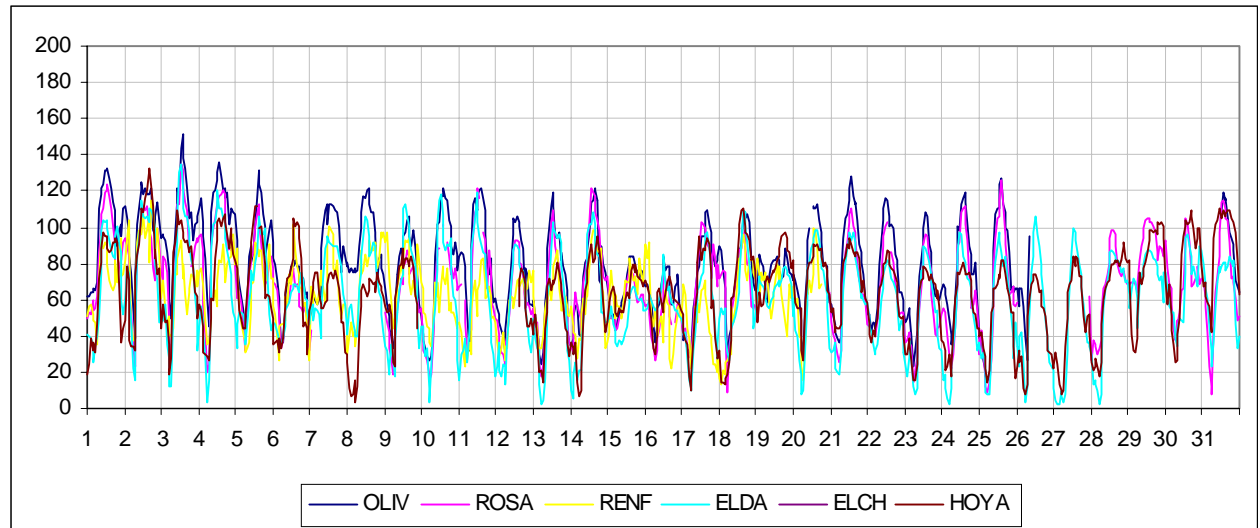
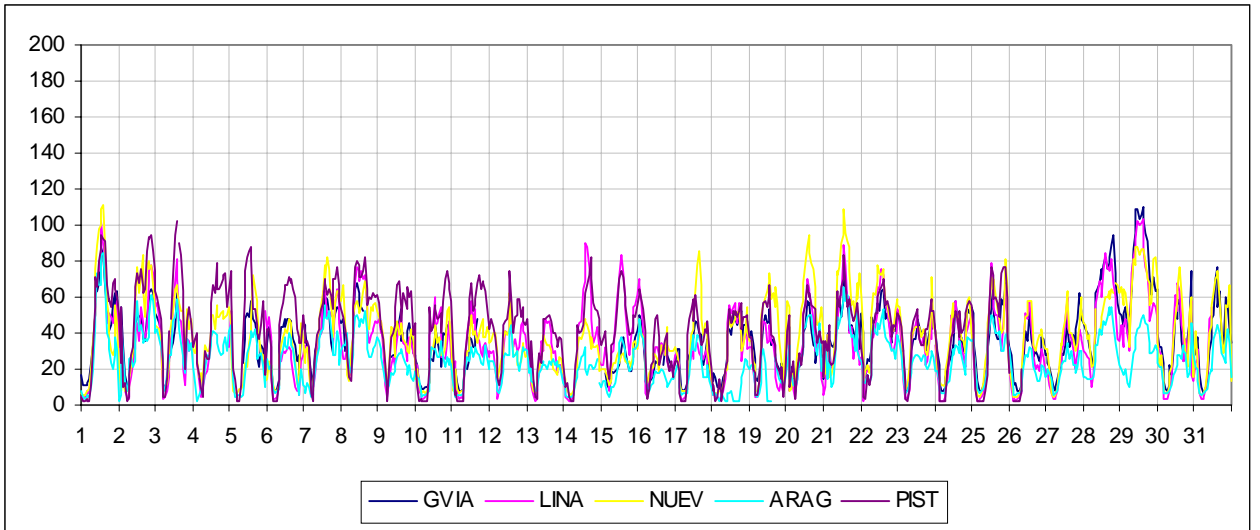
MEDIAS HORARIAS O3 Junio 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



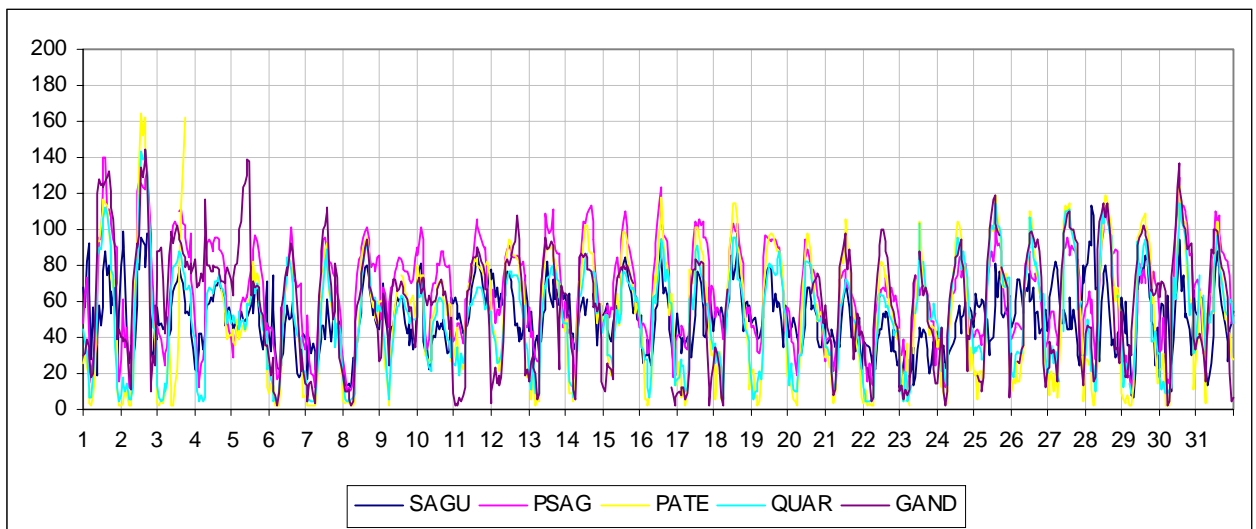
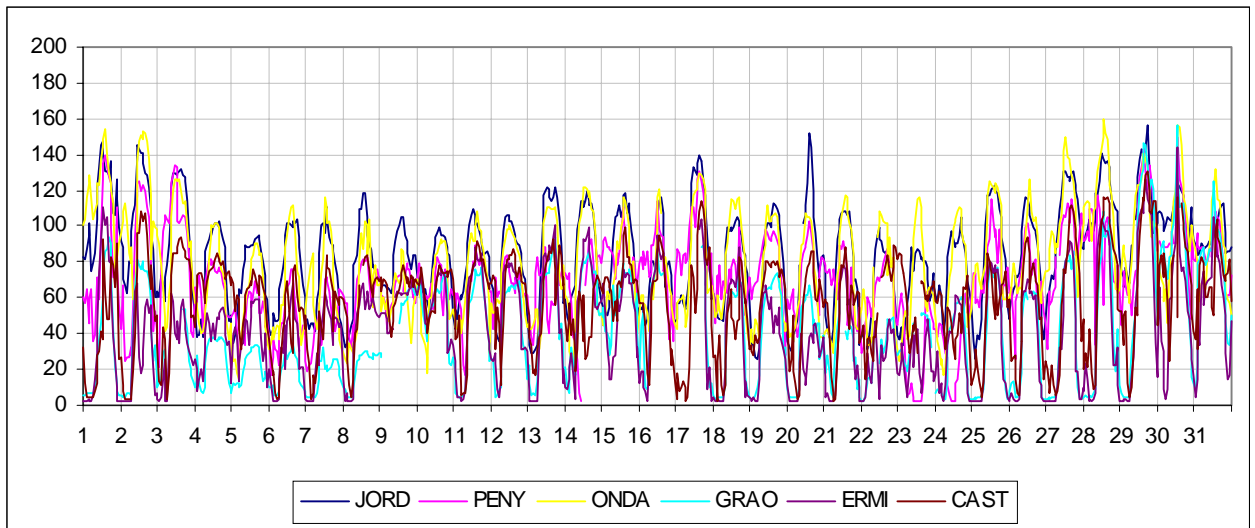
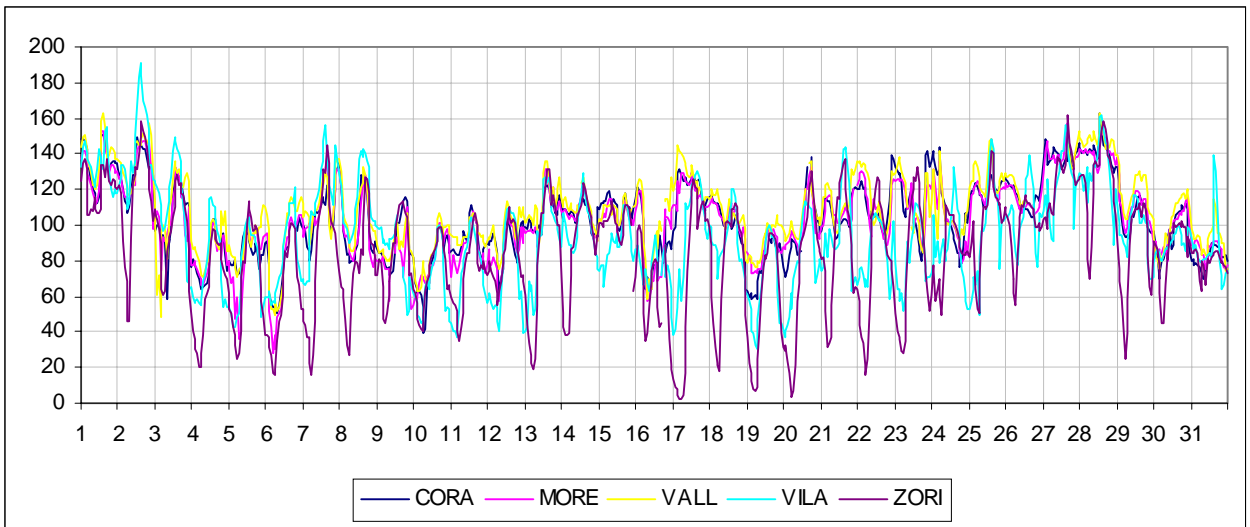


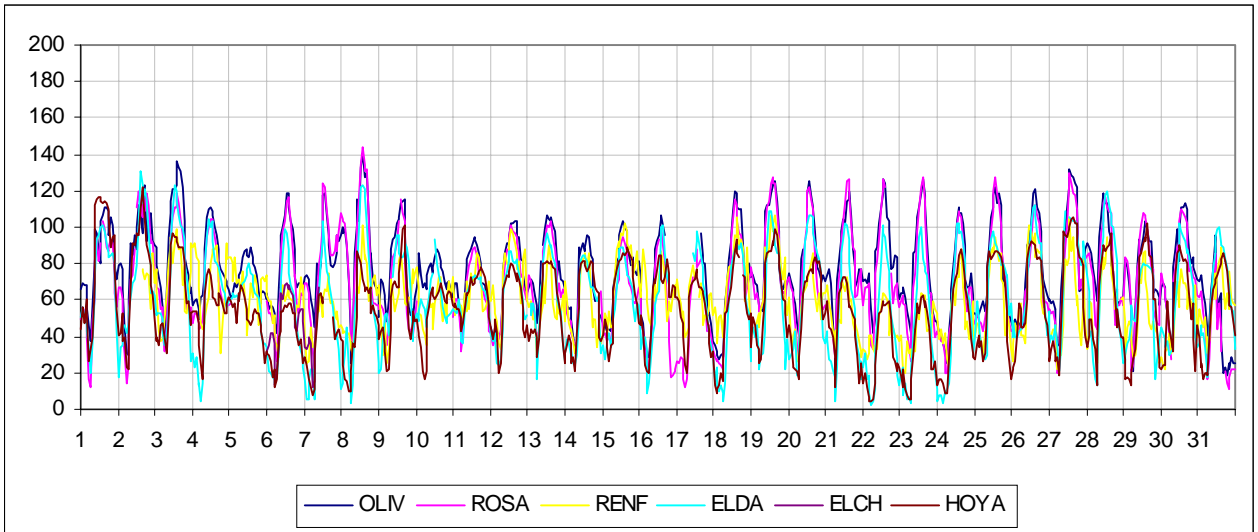
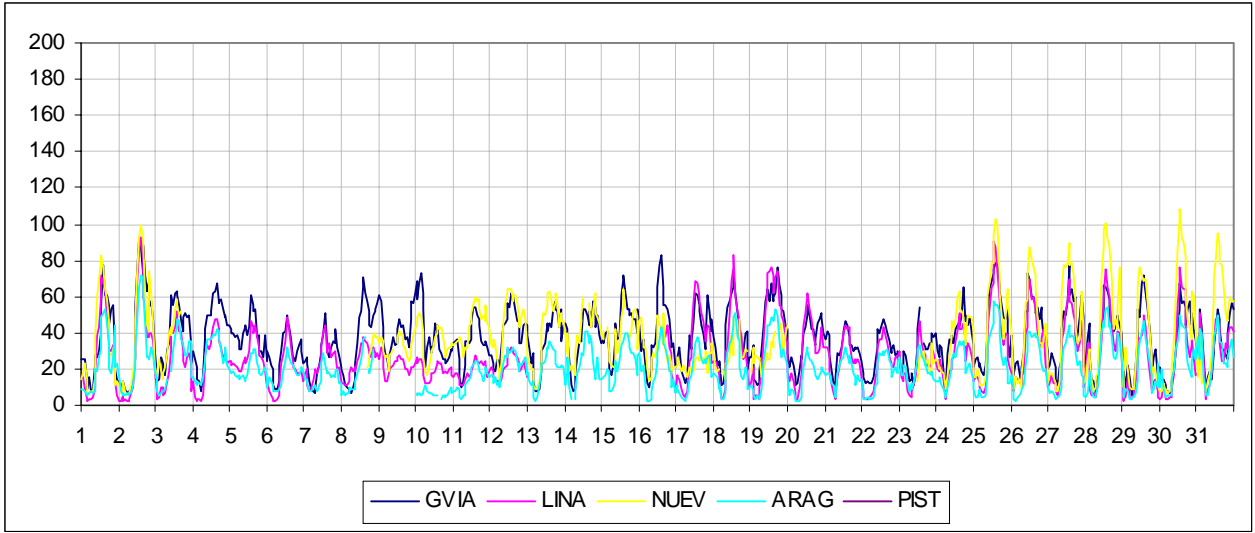
MEDIAS HORARIAS O3 Julio 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



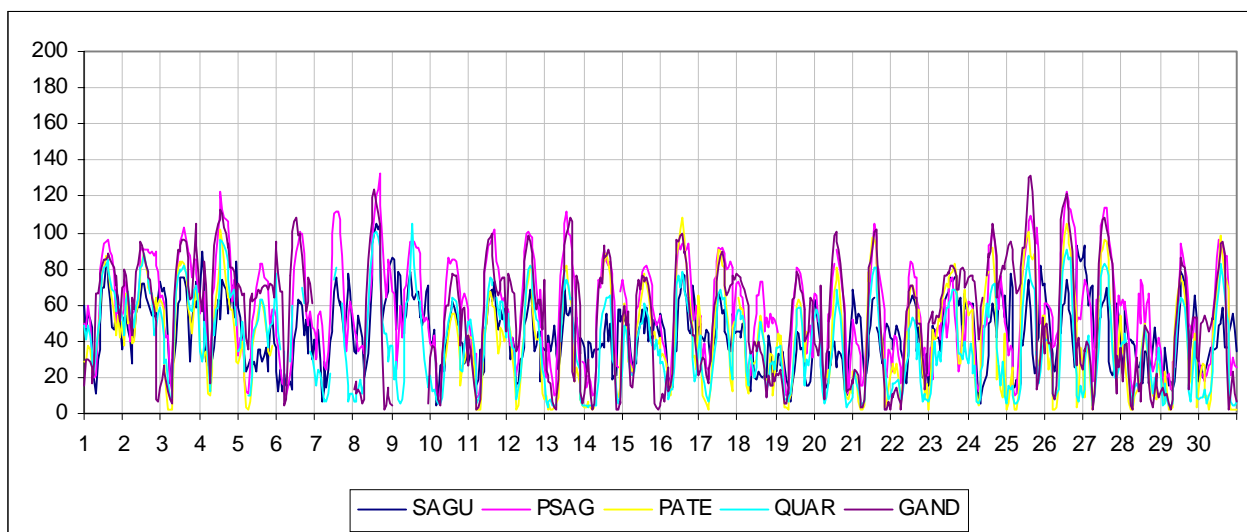
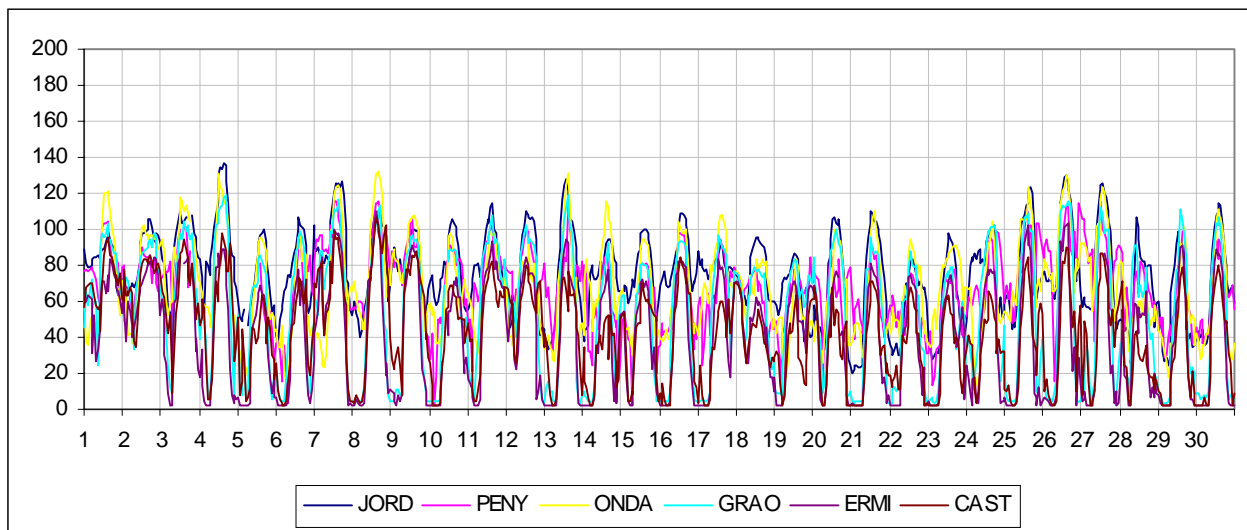
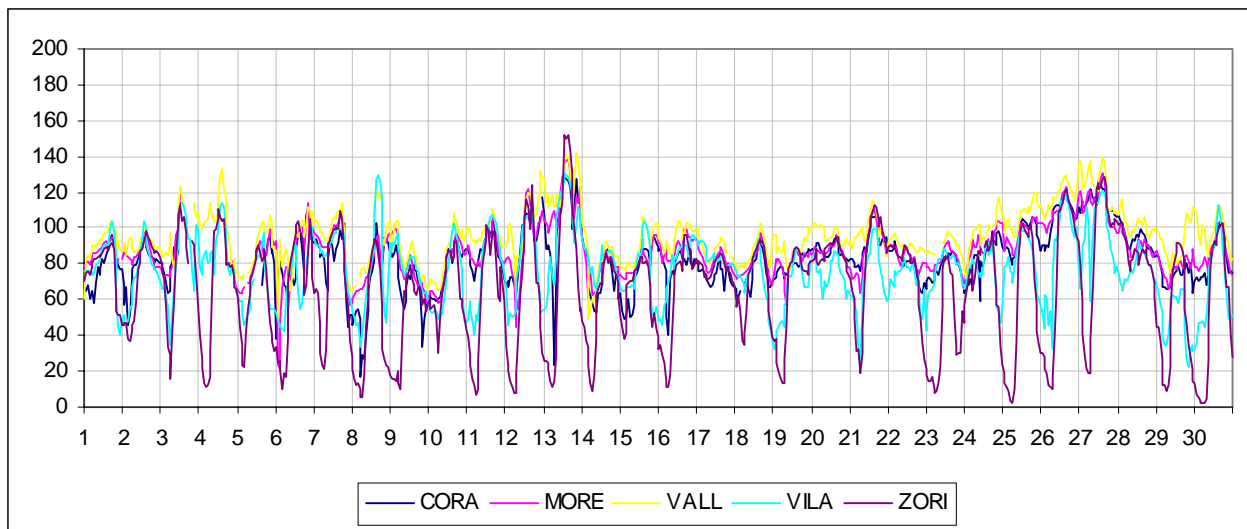


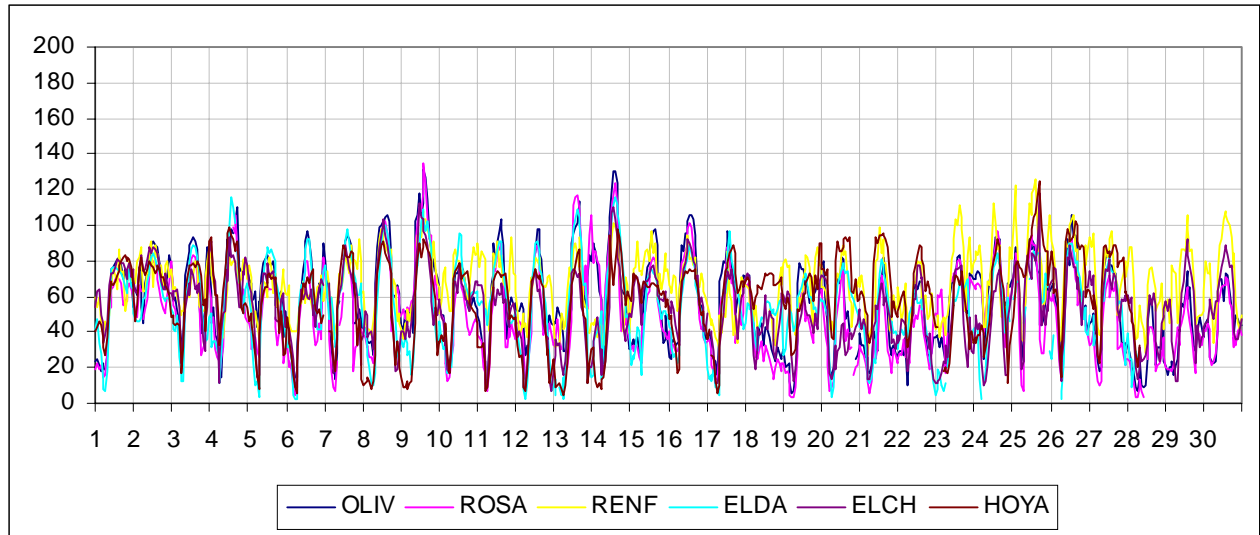
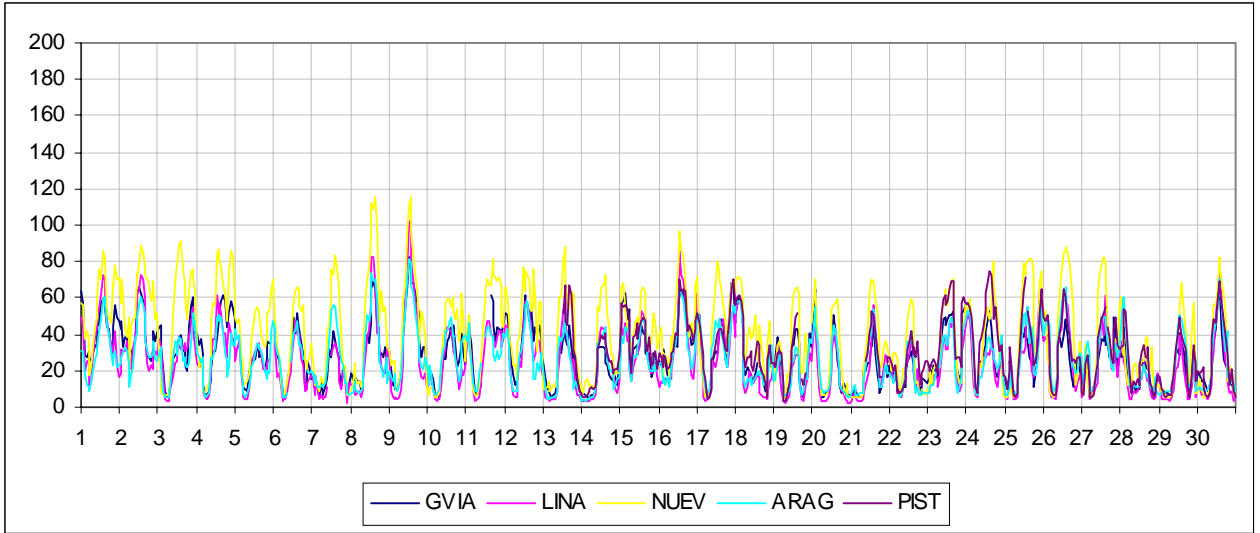
MEDIAS HORARIAS O3 Agosto 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)





MEDIAS HORARIAS O3 Septiembre 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)





MEDIAS HORARIAS O3 Octubre 2001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

