



Ozono en ambiente:

Influencia de los procesos atmosféricos en la Cuenca Mediterránea
Millán Millán y Enrique Mantilla, CEAM

AIRUSE meeting: La Calidad del Aire Urbano, Valencia, 4 y 5 febrero 2016

Esta Decisión de la Comisión Europea alerta sobre las diferencias entre el régimen de vientos en el Centro y Nor-Oeste de Europa (punto 2.), y en el Sur de Europa (punto 3.), documentados en proyectos financiados por la misma Comisión Europea (ver nota al pie y el APR-78).

La Figura siguiente superpone los mapas sinópticos de las 12:00 UTC durante seis días consecutivos en julio. Muestra el paso de sistemas frontales sobre el centro y norte de Europa, mientras que en el sur se desarrollan sistemas meso-escalares de ciclo diurno, como la Baja Térmica Ibérica y su subsidencia compensatoria sobre la Cuenca Occidental. Ambas, generan las re-circulaciones verticales de las masas aéreas (ozono) que se han documentado.

COMMISSION DECISION

of 19 March 2004

concerning guidance for implementation of Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council relating to ozone in ambient air

(notified under document number C(2004) 764)

(Text with EEA relevance)

(2004/279/EC)

1. GEOGRAPHICAL ASPECT

Regarding the need for short-term actions to avoid exceedance of the 240 µg/m³ threshold, the 15 Member States can be split up into three groups:

1. In the Nordic countries (Finland, Sweden and Denmark) and Ireland no exceedances of the alert threshold happened so far (according to data reported to European Environment Agency AIRBASE) and in view of the implementation of the abovementioned long-term policy, they are even more unlikely to happen in the future.

Therefore Nordic countries and Ireland would not need to prepare short-term actions plans as there seems to be no risk of any exceedance of the alert threshold.

2. Air mass transport in north-western and central European countries is most frequently dominated by advection and often gives rise to long range transboundary pollution transport.

There are clear indications that for most parts of the north-western and central European countries exceedances of the alert threshold are diminishing. Short-term measures already in the mid-90s showed only a restricted reduction potential and implementation of the EU long-term strategy will necessitate the generalised and permanent application of some former short-term measures.

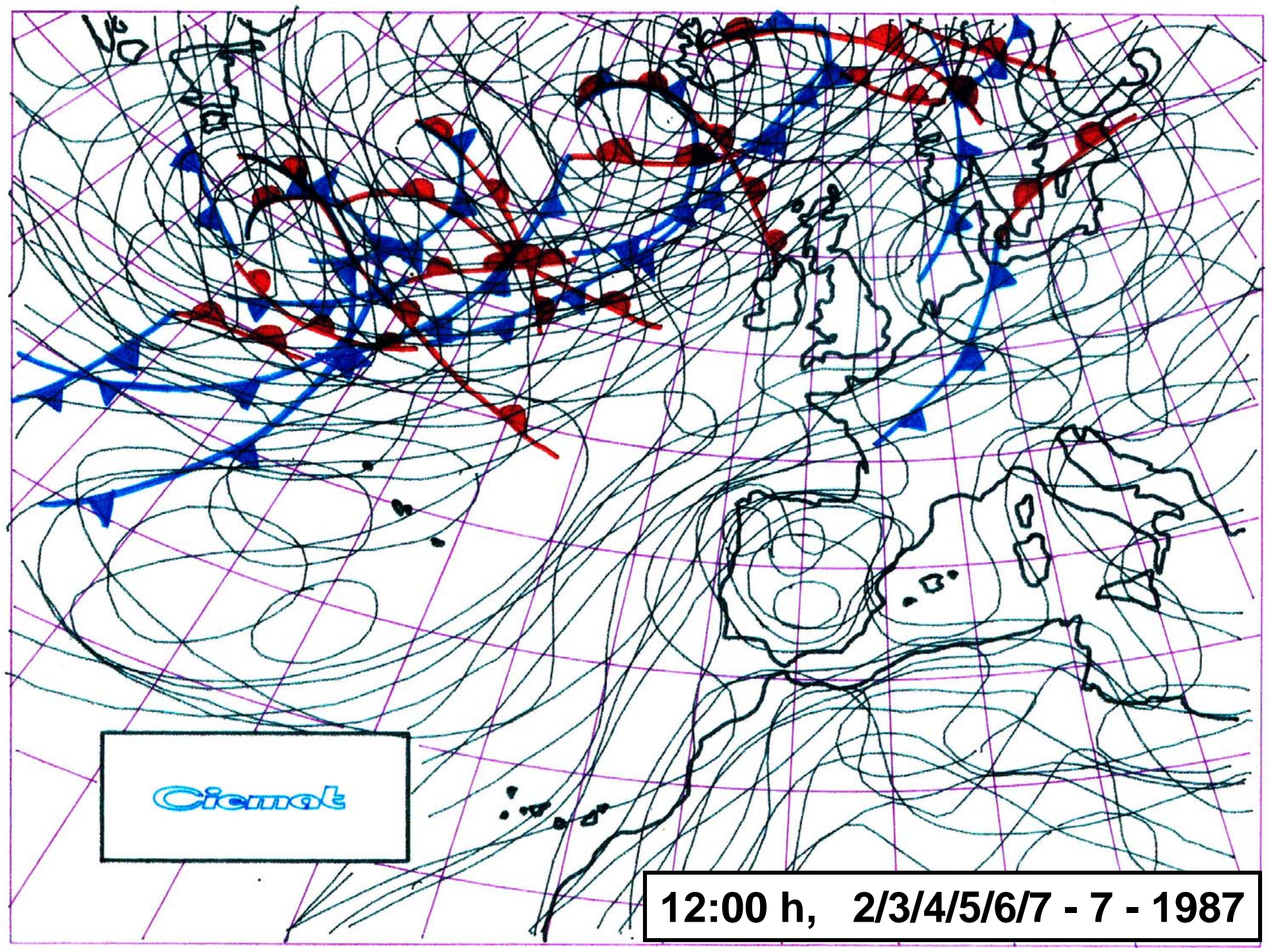
Therefore countries in which there is no significant potential for reducing the risk of exceedances through short-term action plans would not need to prepare such plans.

3. Major cities and regions in southern Member States experience, on the other hand, more often recirculation of air masses due to topography and the influence of the sea. In some cases the same air masses are recirculating several times ⁽¹⁾. Due to high natural VOC emissions, emission reductions of VOC are relatively ineffective (so-called 'NO_x-limited' regime).

No significant trend of ozone peak values can be seen in the ensemble of rather limited and only recent time series. Moreover in those areas there is a lack of knowledge with regard to the efficiency of short-term measures.

Therefore cities and/or regions in southern Europe characterised by particular orographic conditions can, in principle, locally profit from short-term measures for reducing the risk or severity of exceedances of the alert value, especially for exceptional situations of extreme O₃-episodes such as experienced in 2003.

⁽¹⁾ For example, Millán, M.M., Salvador, R., Mantilla, F., Kallos, G., 1997. Photo-oxidant dynamics in the Western Mediterranean in summer; Results of European research projects. J. Geophys. Res., 102, D7, 8811-8823.



Cimet

12:00 h, 2/3/4/5/6/7 - 7 - 1987



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH
Environment and Sustainable Development



OZONE DYNAMICS IN THE MEDITERRANEAN BASIN

*A collection of scientific papers resulting from the MECAPIP,
RECAPMA and SECAP Projects*

AIR POLLUTION RESEARCH REPORT 78



————— documented
- - - - - hypothesis

From *J. Geophys. Res.*, **102**, D7, 8811-8823 (1997)

Documento APR-78 de la **DG RTD** preparado para la elaboración de la **Decisión 2004/279/EC** como guía para la implementación de la **Directiva 2002/3/EC** sobre el ozono en ambiente, y para la futura **Directiva Europea de Calidad del Aire 2008/50/EC**

El APR – 78 compila 14 artículos publicados como resultado de tres proyectos de la CE en la cuenca mediterránea.

Edición Especial del Journal of Applied Meteorology, editado por el Professor H.D. Kambezidis, a instancias de la American Meteorological Society y de la Comisión Europea, para mostrar los trabajos resultantes de proyectos de investigación europeos sobre la dinámica de contaminantes en las **áreas urbanas costeras con terreno complejo** del Sur de Europa.

Figura siguiente:

Los dos informes preparados para la Conferencia de las Naciones Unidas en Estocolmo en 1972, que lanzó el tema del Medio Ambiente a nivel mundial. En el primero se recomendaba llevar a cabo campañas de medidas experimentales para caracterizar la dispersión de contaminantes y, en particular, en zonas de terreno costero complejo en las latitudes subtropicales (p.ej. en el Mediterráneo, Mares de Japón, del Sur de China ...)

ISSN 0894-8763

Journal
of
Applied
Meteorology

American Meteorological Society

AIR POLLUTION TRANSPORT AND
DIFFUSION OVER COASTAL
URBAN AREAS

April 2000

Volume 39 • Number 4



**Man's Impact
on the Global
Environment**

Report of the Study of Critical
Environmental Problems (SCEP)

**Assessment and
Recommendations
for Action**

Sponsored by the Massachusetts
Institute of Technology

Copyright © 1970 by The Massachusetts
Institute of Technology ISBN 0 262 69027 6



**Inadvertent
Climate
Modification**

Sponsored by
the Massachusetts Institute
of Technology

**Report of the Study
of Man's Impact
on Climate (SMIC)**

Hosted by
the Royal Swedish Academy
of Sciences and
the Royal Swedish Academy
of Engineering Sciences

Copyright © 1971 by The Massachusetts
Institute of Technology, ISBN 0 262 69033 0

**LA COMISIÓN EUROPEA INICIÓ SUS PROGRAMAS EN
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (ENVIRONMENT AND CLIMATE) EL
AÑO 1972.**

**Inicialmente los proyectos fueron coordinados por las Acciones COST
Dentro del Dominio 6 (Química Atmosférica) con la Acción:**

COST 61a (1972-1976) extendida al 1977-1980

y continuada por las Acciones COST siguientes:

COST 61 bis (1981-1985),

COST 611 (1986-1990)

**Y el cluster de acciones COST 615, 616, 617, 618 Denominado Citair
(1993-1998)**

**Después han continuado Dentro del Dominio 7 (Meteorología) con las
acciones:**

COST 710 (1994-1997)

COST 715 (1998-2004)

Y la COST 728 (2005-2009)

Desde el año 1972 al 1986, la Comisión Europea había financiado proyectos de investigación pre-normativa para la elaboración de las Directivas y las Decisiones del Parlamento Europeo. Entre ellos, el proyecto EROS 2000 en apoyo a la Convención de Barcelona sobre la contaminación del Mediterráneo

En las campañas de medidas se detectó un aporte de nitratos al mar, por vía atmosférica, ocho veces superior al aportado por los ríos en la CM occidental

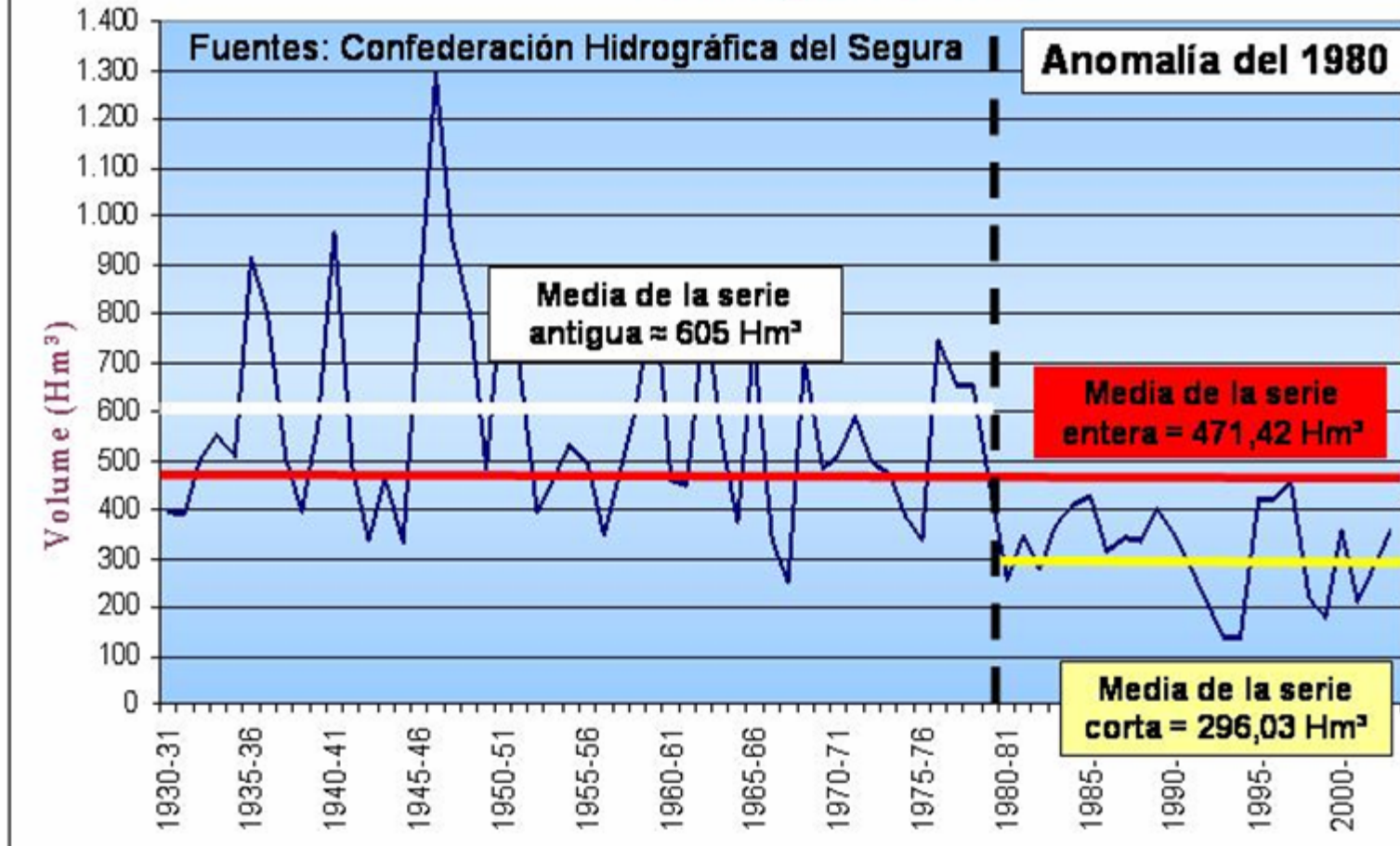
También se habían detectado la “Anomalía del 1980” sobre la pérdida de escorrentía en esa misma cuenca, y

Daños a cultivos sensibles al ozono en ambiente.

Con la entrada de España en 1986, la CE decidió buscarles una explicación científica.



Interannual accumulated runoff between september 1931 and september 2009



Ejemplo de la “Anomalia del 1980”. Muestra la pérdida de escorrentía, detectada a finales de los 1970, en todas las cuencas hidrográficas que vierten al Mediterráneo Occidental. Se han documentado pérdidas que varían entre un 20% a un 50%, según la cuenca. Una explicación a este fenómeno, basada en datos de proyectos europeos, y ligada a los ciclos de ozono en la Cuenca MO, aparece en el artículo *“Extreme hydrometeorological events and climate change predictions in Europe”* (Millán. M.M. 2014: *Journal of Hydrol.* **518 B**, 206-224), dentro de la **Edición Especial “Climate change impact on water: Overcoming data and science gaps”**, que revisa los resultados de 29 proyectos del 6º y 7º Programas Marco de Investigación europeos

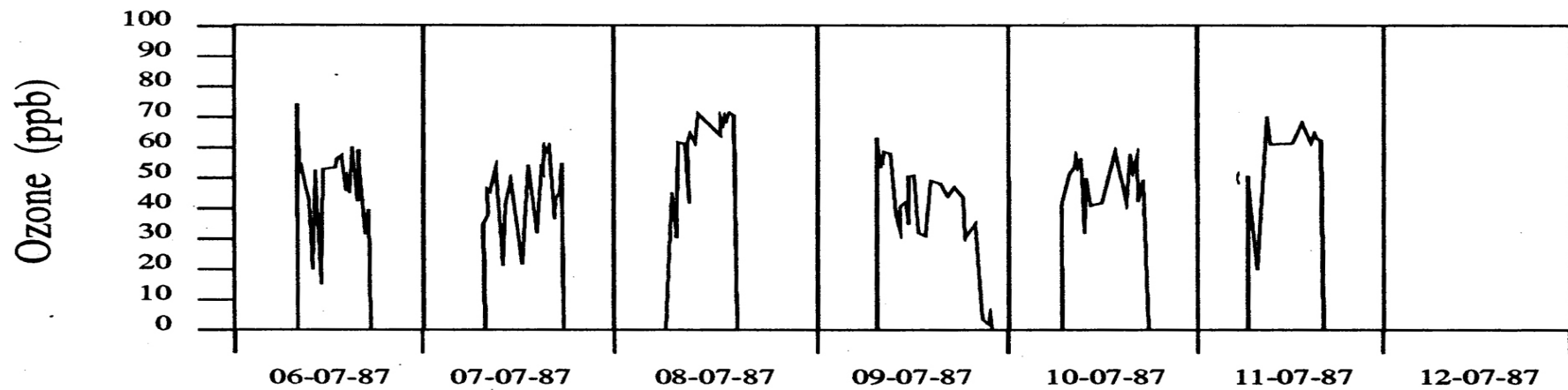
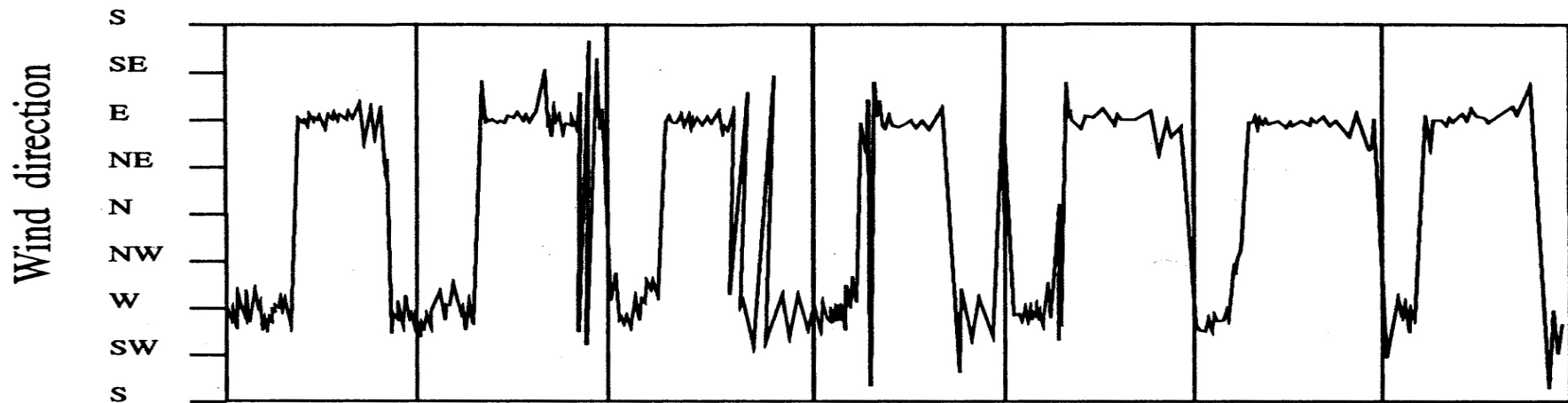
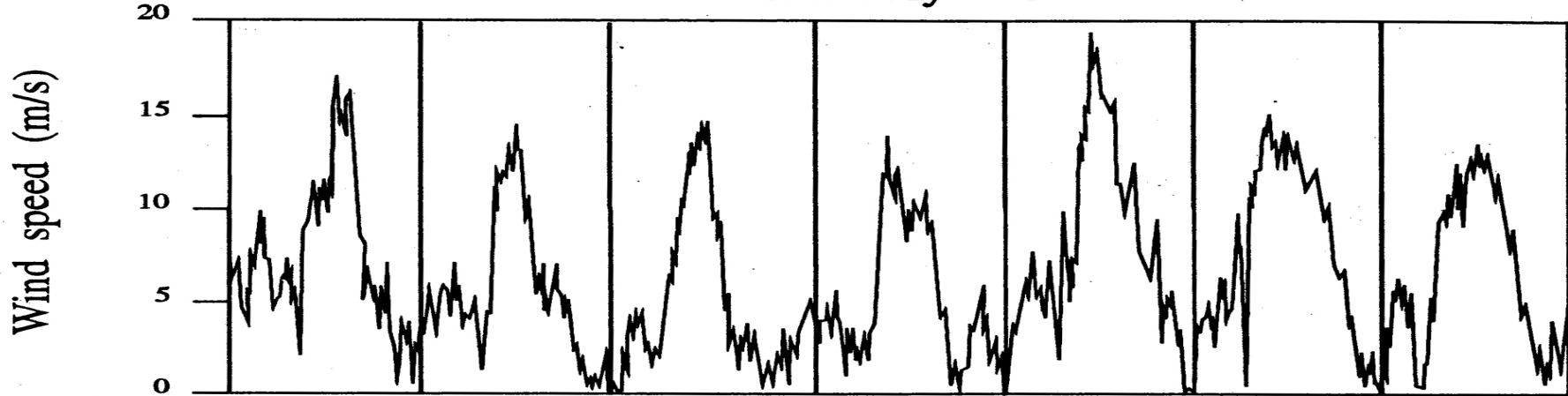
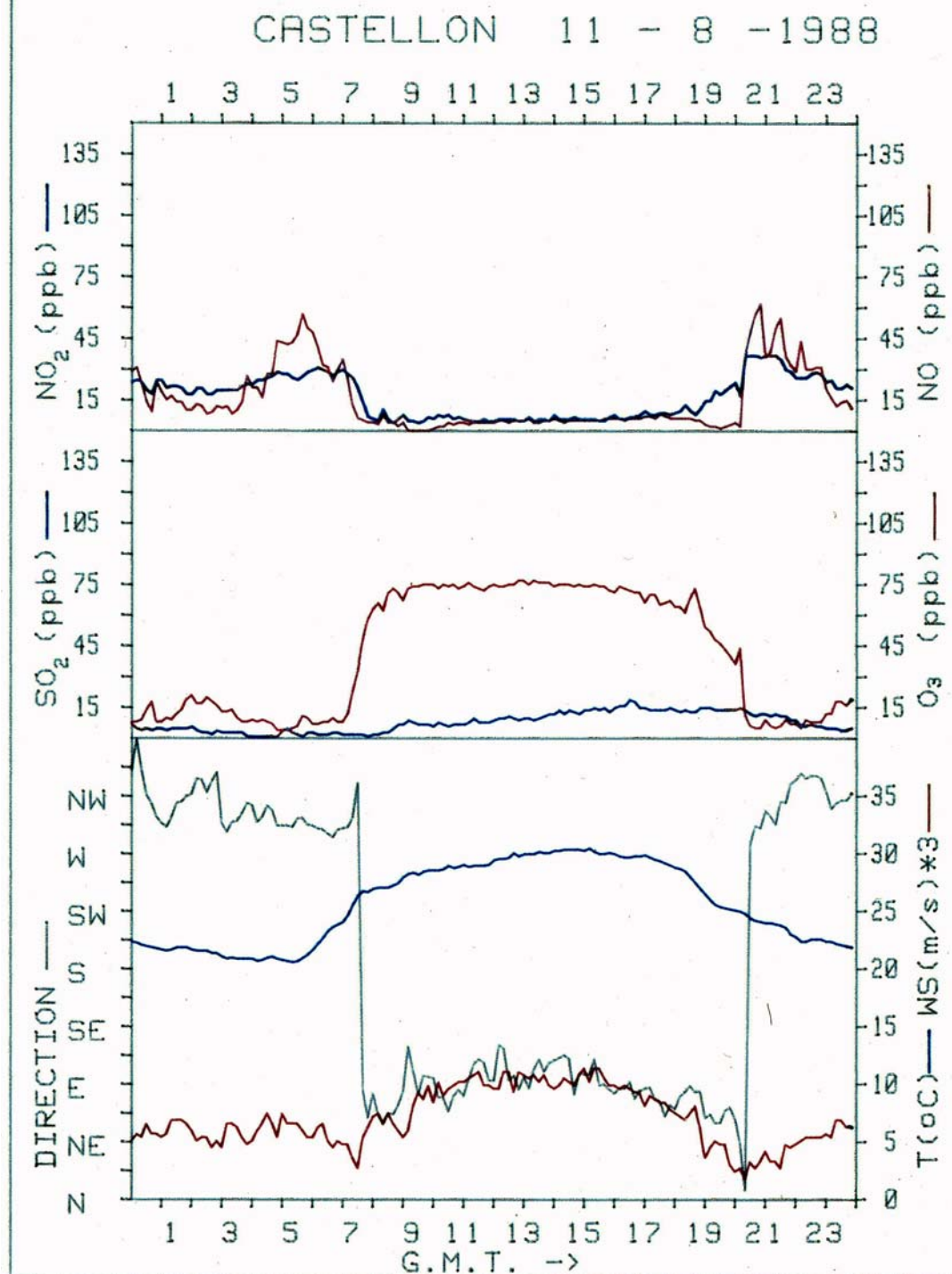
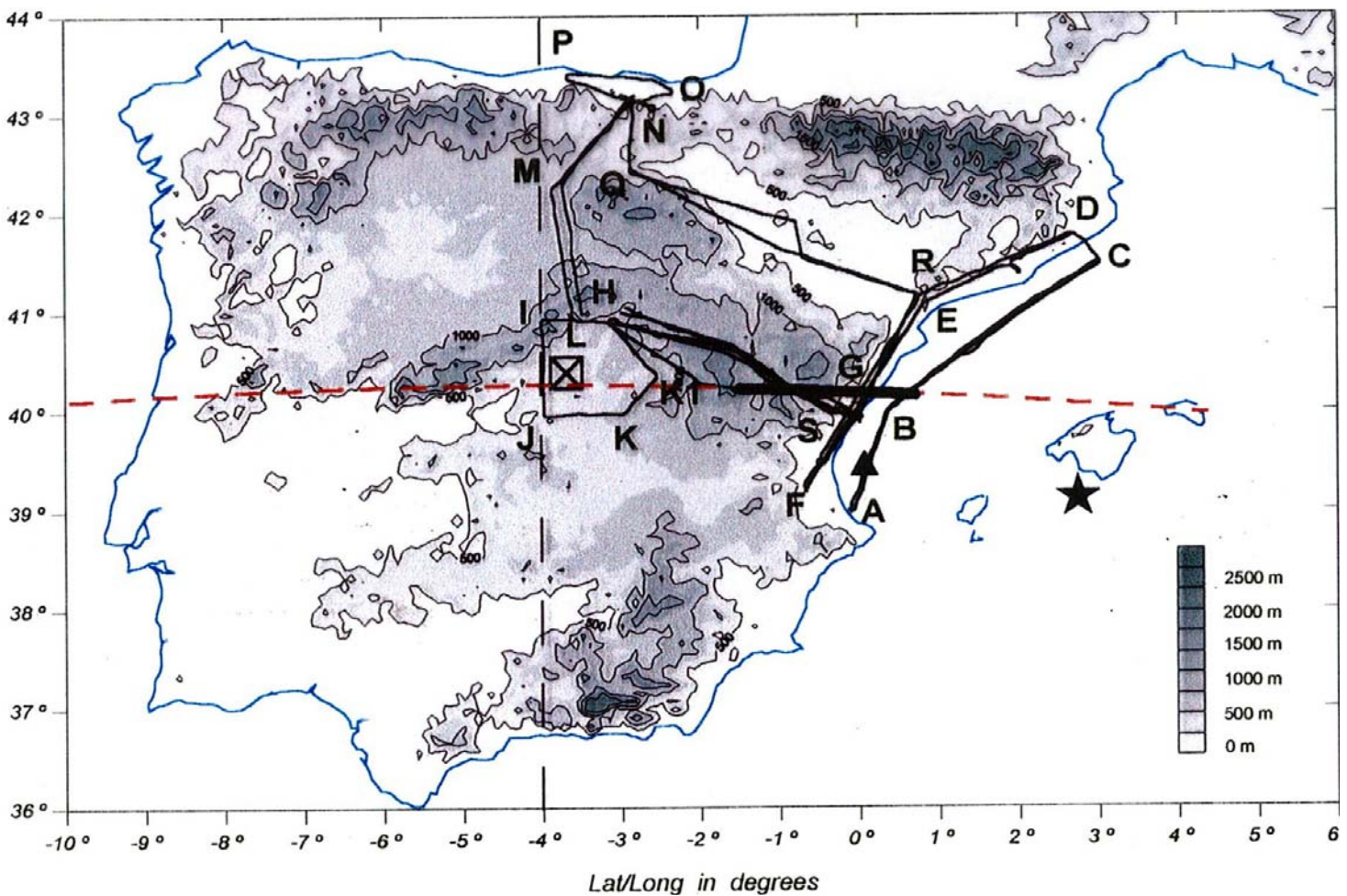


Figura anterior. El registro de la velocidad y dirección del viento en un emplazamiento costero (Castellón, 6-11, julio, 1987). Muestra la entrada de altos niveles de ozono coincidiendo con, y durante todo el periodo de, la brisa de mar.

Esta Figura muestra lo mismo en más detalle. El registro de los niveles de ozono ambiente (ppbv) sigue una forma de onda cuadrada. Este tipo de perfil es específico de las estaciones en la misma línea de costa, ó en un espigón de puerto, durante el período de la brisa de mar, e indica la entrada de una masa de aire previamente bien mezclada sobre el mar.



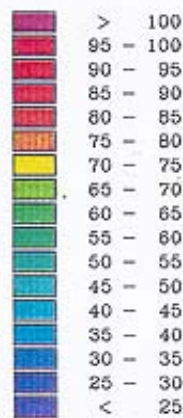
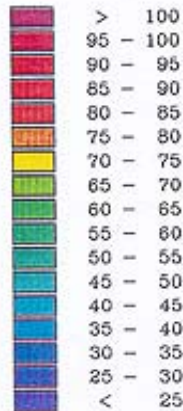


El proyecto **M**eso-meteorological **C**ycles of **A**ir **P**ollution in the **I**berian **P**eninsula (**MECAPIP**, 1986-1992), tenía como objetivo caracterizar la dinámica de los contaminantes atmosféricos en la Península Ibérica y el origen de los altos valores ozono en la costa mediterránea en verano.

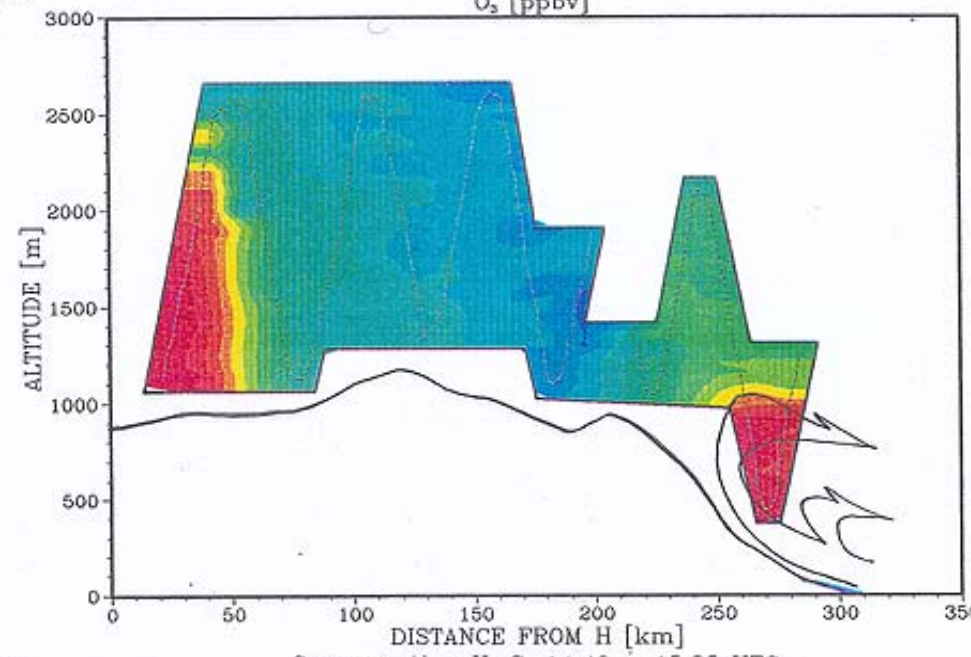
Participaron equipos de España, Comisión Europea (JRC-ISPRA) y Alemania IFU, coordinados por M. Millán del CIEMAT ⇒ CEAM.

Plano del vuelo del avión instrumentado en “diente de sierra” entre Castellón y la vertical de Guadalajara. La traza del plano del vuelo sobre la península es la línea H-G. A las horas indicadas, el vuelo documenta dos estadios en la entrada de ozono desde el mar transportado por la brisa combinada (Figura siguiente) y la formación de tres estratos de ozono, en los flujos de retorno hacia el mar en altura. Normalmente, en esta cuenca, se desarrolla una cuarta chimenea que inyecta otro estrato a más de 3000 m de altitud.

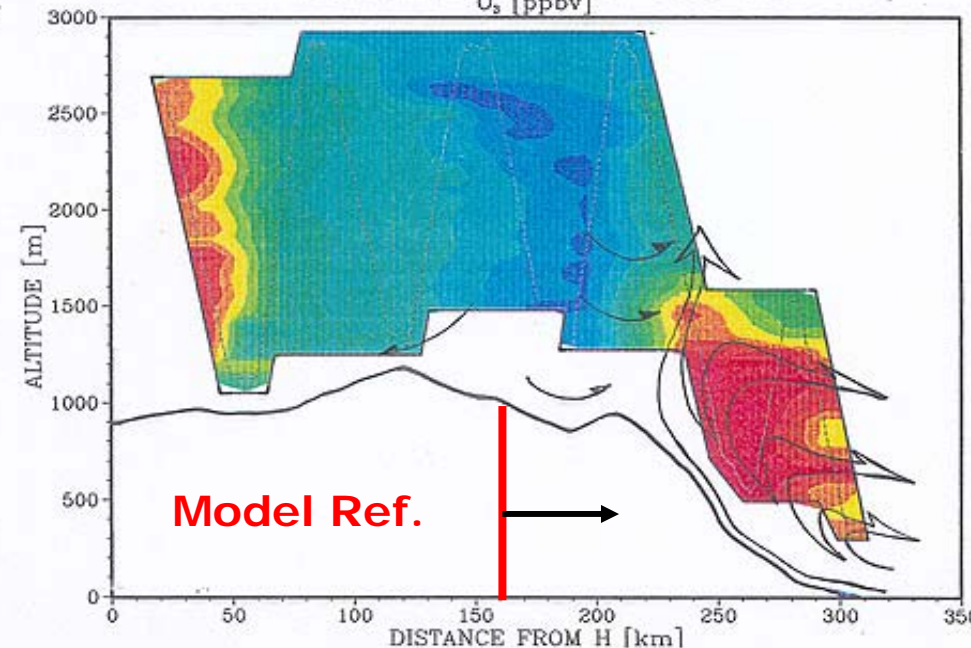
Entre las celdas de ozono que se desarrollan sobre Guadalajara, y sobre las laderas y costas de Castellón se detecta una columna de aire más limpio situada, aproximadamente, entre Teruel y Molina de Aragón



MECAPIP, 20-July-89, B
Cross section G-H, 13:03 - 13:48 UTC
O₃ [ppbv]



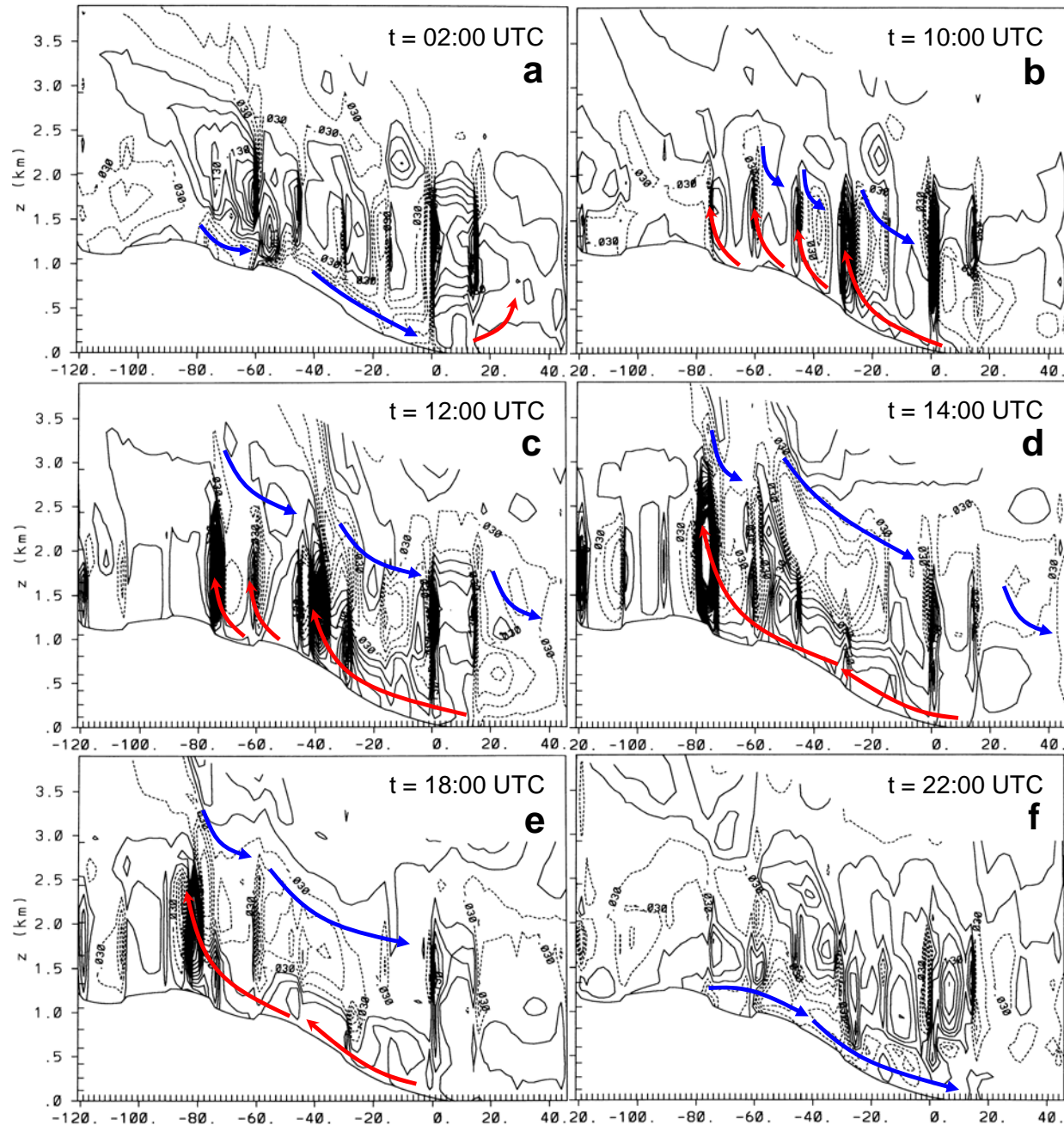
Cross section H-G, 14:49 - 15:35 UTC
O₃ [ppbv]



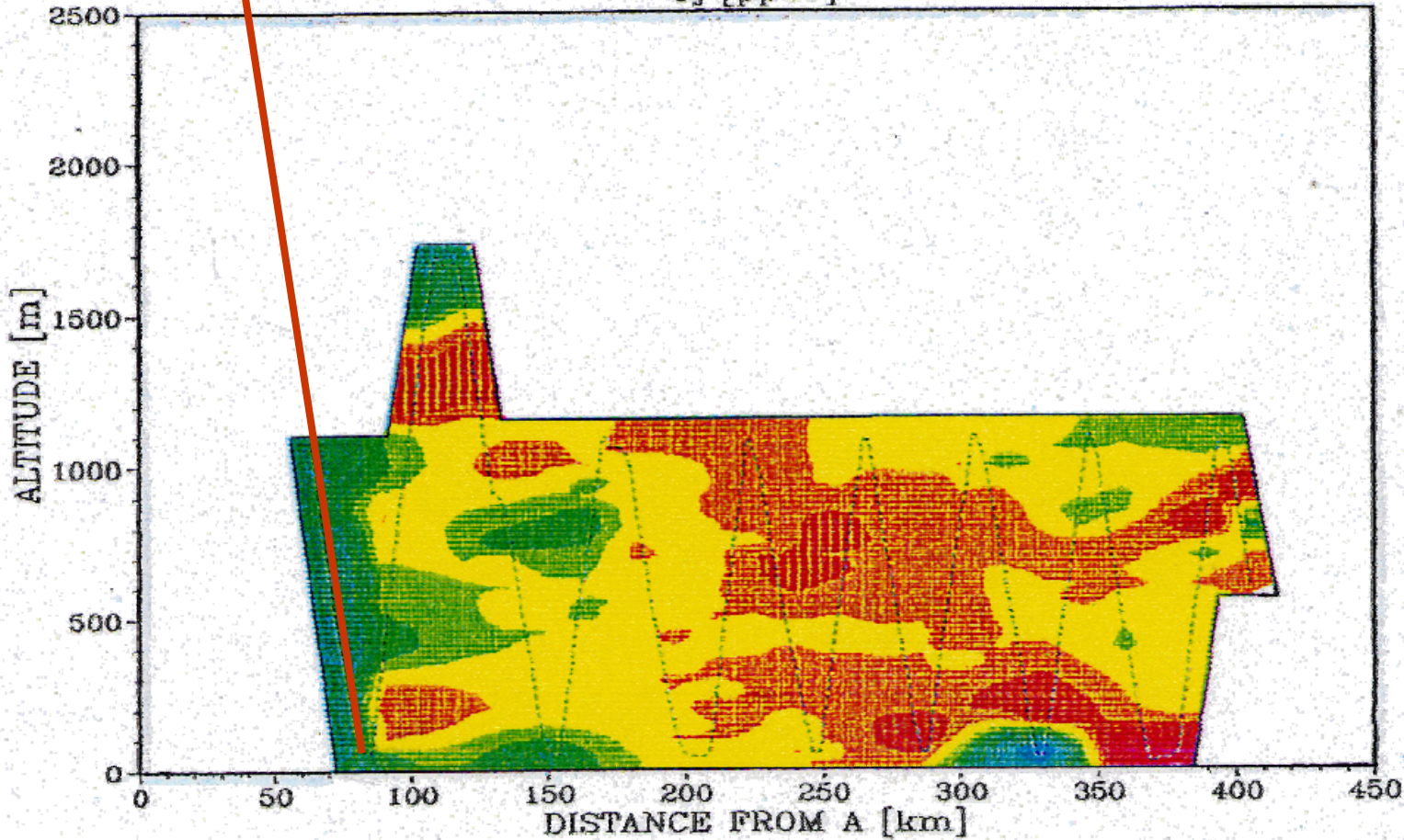
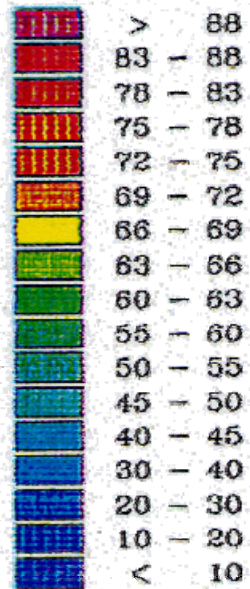
MECAPIP 27 - July - 1989 (ω Component)

Resultados del modelo de meso-escala RAMS. Muestran la entrada de la brisa de mar hacia el interior de Castellón durante el día. La brisa (combinada) progresa a pasos discretos incorporando las celdas de vientos de ladera formadas previamente sobre las laderas orientadas hacia el Sur y el Este. En cada paso se forma una chimenea y se genera un estrato en el flujo de retorno hacia el mar el altura (ver Figura anterior).

En este caso (80 km), la entrada tarda de 4 a 5 h. El número de pasos de la brisa combinada depende de la orografía de cada cuenca, p.ej. en el valle del Mijares se producen cuatro pasos. La última chimenea se forma en las cimas del interior. Una vez las alcanza, tiende a quedarse anclada, y puede permanecer allí de 4 a 6+ horas.

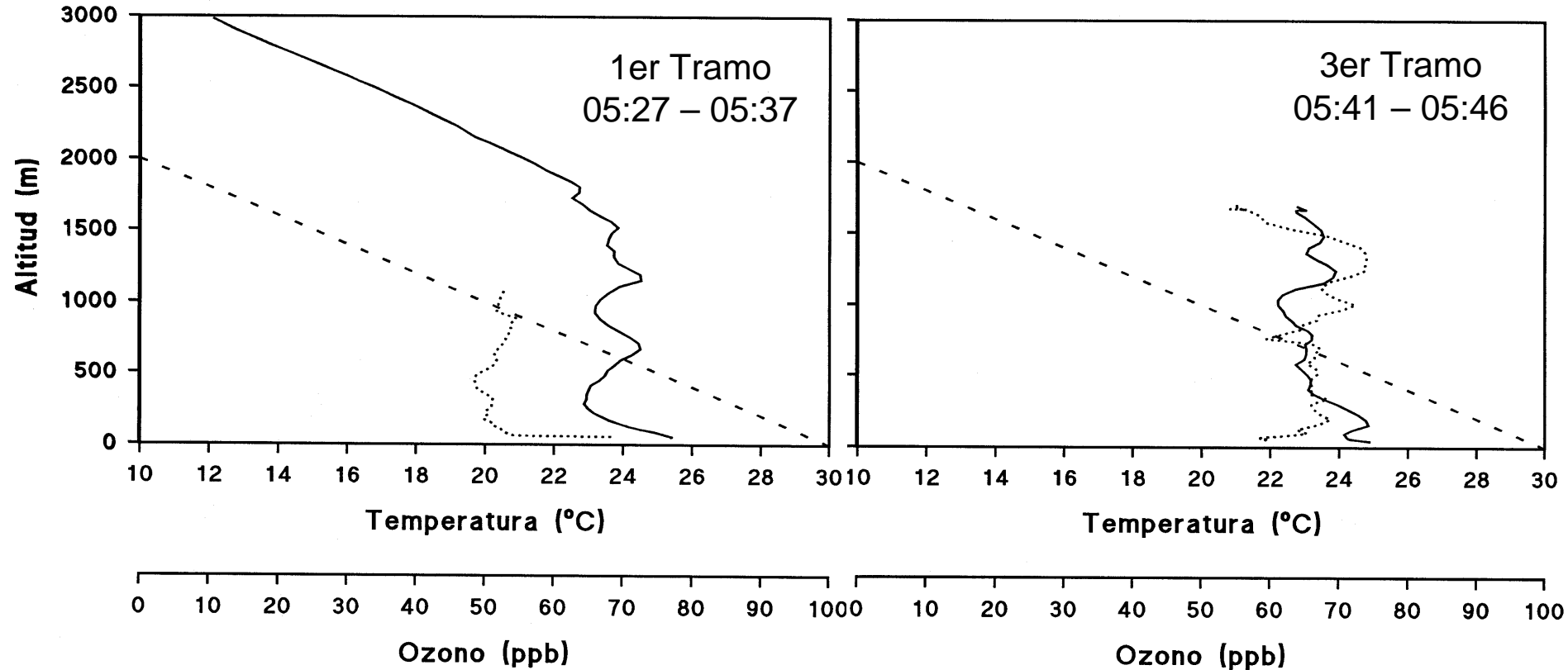


MECAPIP, 20-July-89, A
Cross section A→B→C, 05:27 - 06:21 UTC
O₃ [ppbv]



Estratos de ozono sobre el mar, resultado de las inyecciones verticales, a varias alturas, sobre las laderas de las montañas y su retorno estratificado hacia el mar

Vuelo IFU 20-07-89. Corte A-B-C



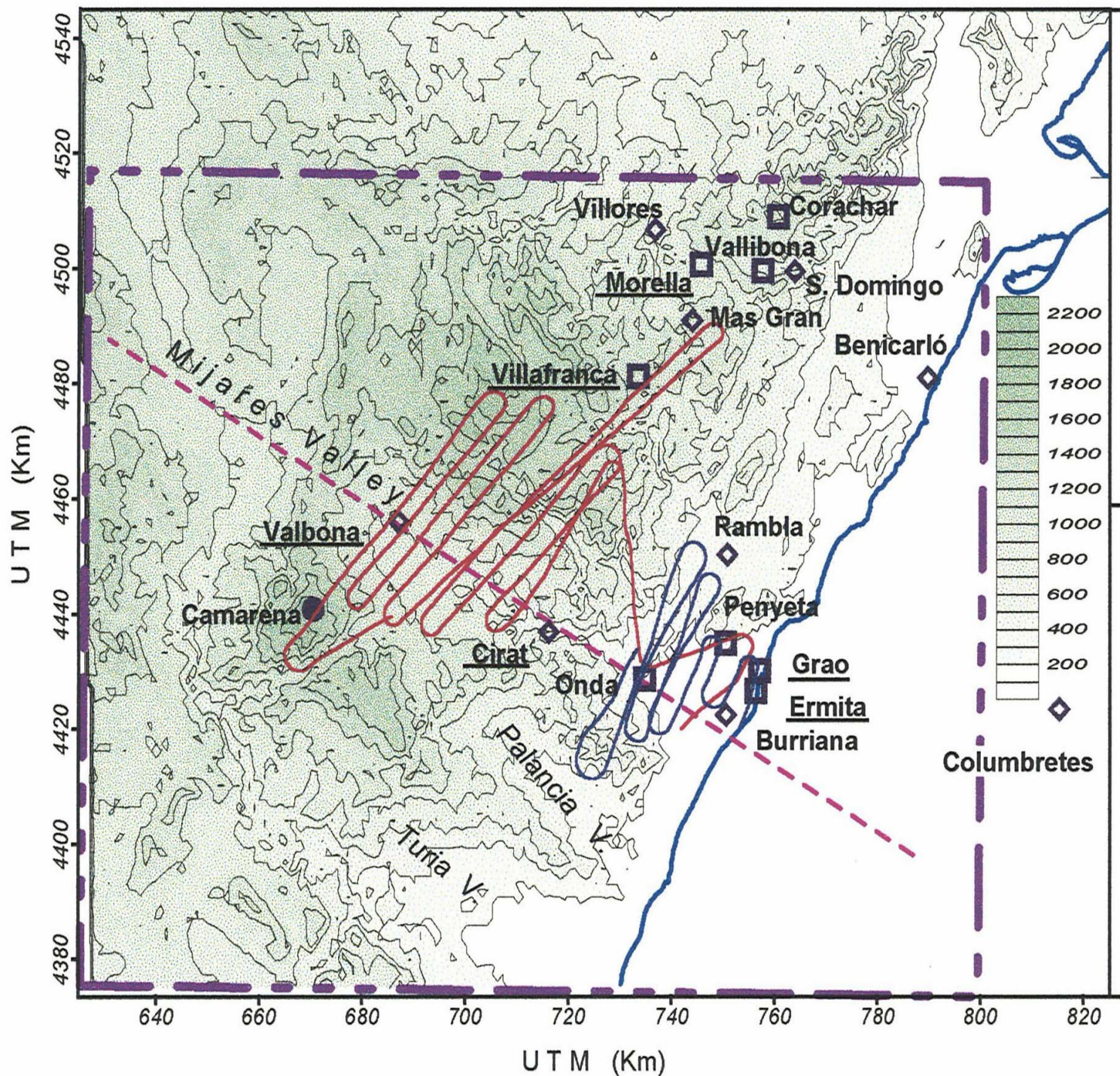
— Temperatura
- - - - - Adiabática seca
..... Ozono

Perfiles de temperatura en la primera y tercera pata del vuelo de la Figura anterior. El tercer tramo muestra también el perfil de ozono con valores de más de 70 ppbv entre 1300 y 1600 m. Aunque en el contrato se estipulaba una altura de 3500, la altura de los primeros vuelos sobre el mar fue limitada arbitrariamente a 1500 m por los conceptos de grupo alemán IFU. Sólo después de usar 22 horas de las 38 horas contratadas se convencieron de que pasaban cosas a más altitud.

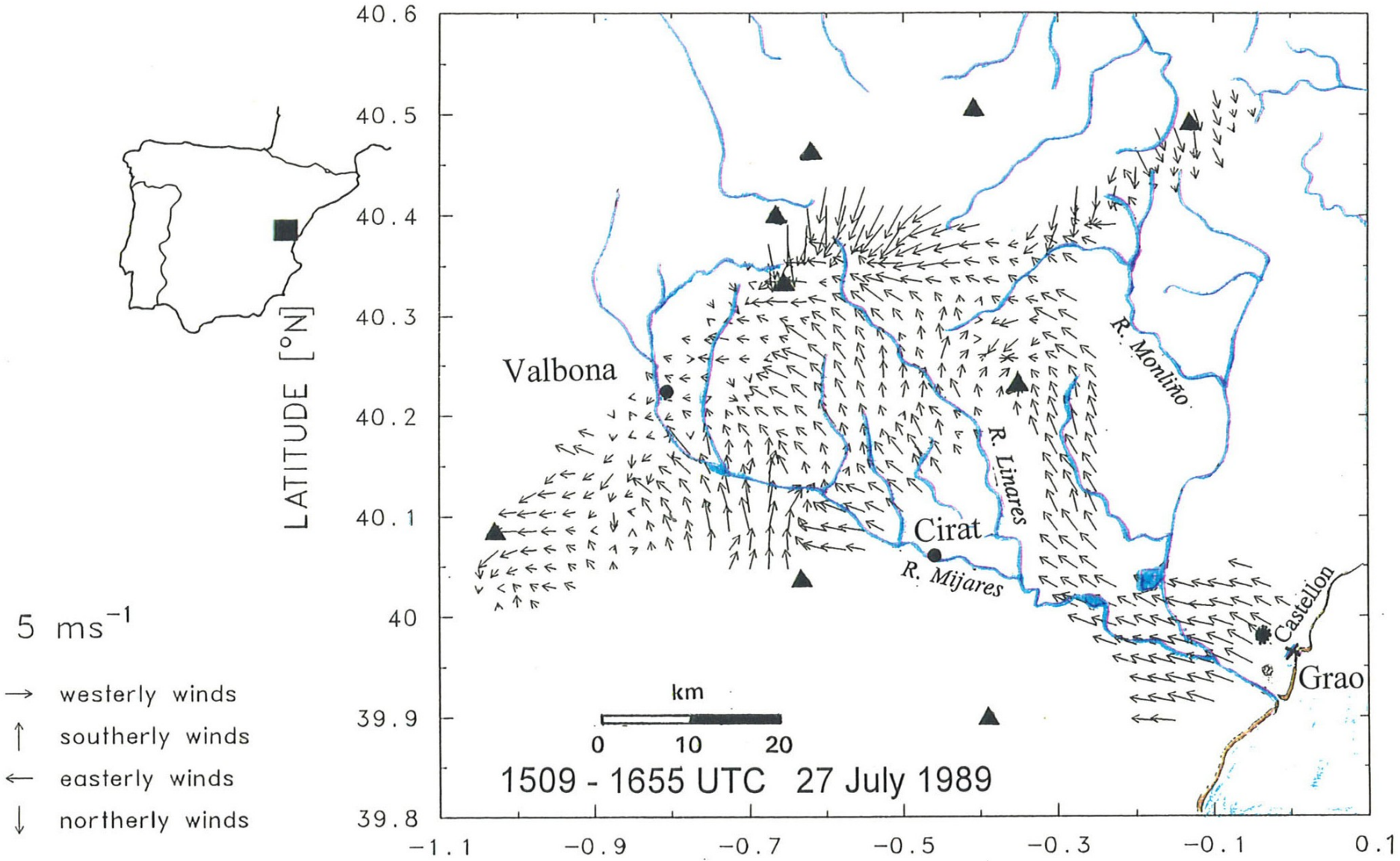
Trayectorias de los vuelos en abanico, con altura casi constante sobre el terreno (de ≈ 300 m a 400 m) desde Castellón hacia los macizos de Gudar y Javalambre.

Su finalidad era medir los trazadores emitidos desde la chimenea de la CT de Castellón, y documentar la evolución del NO y del ozono.

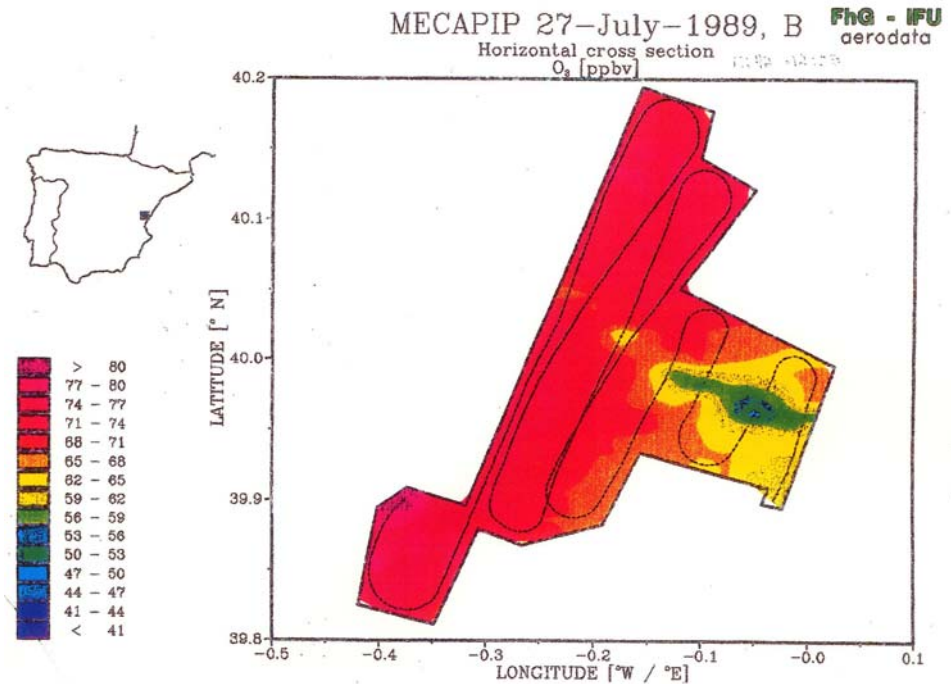
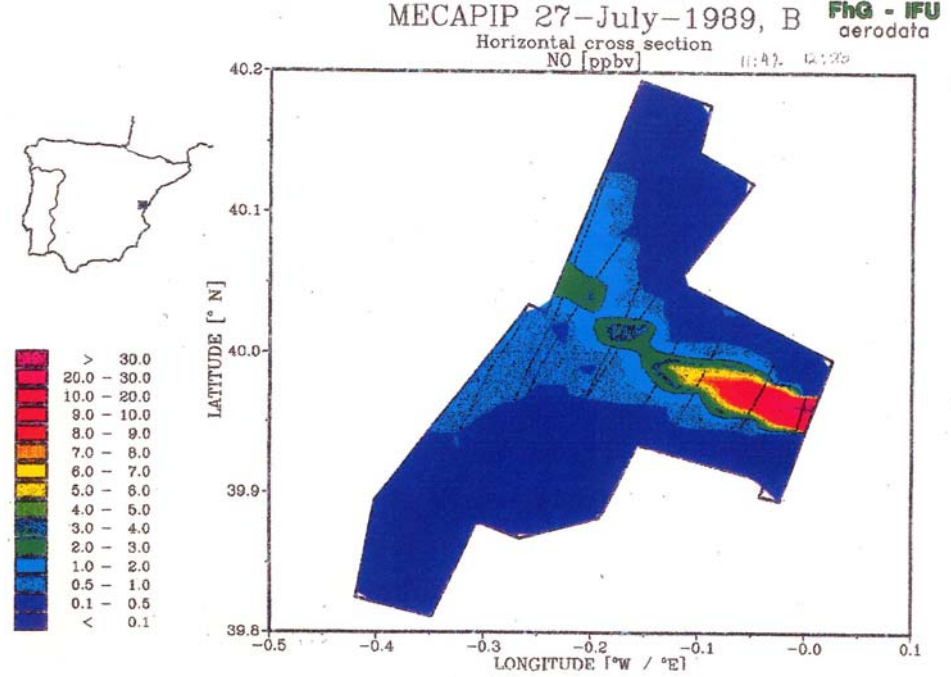
La Figura siguiente muestra el campo de vientos medido por el avión a su altura durante el segundo vuelo (15:09-15:55 UTC).



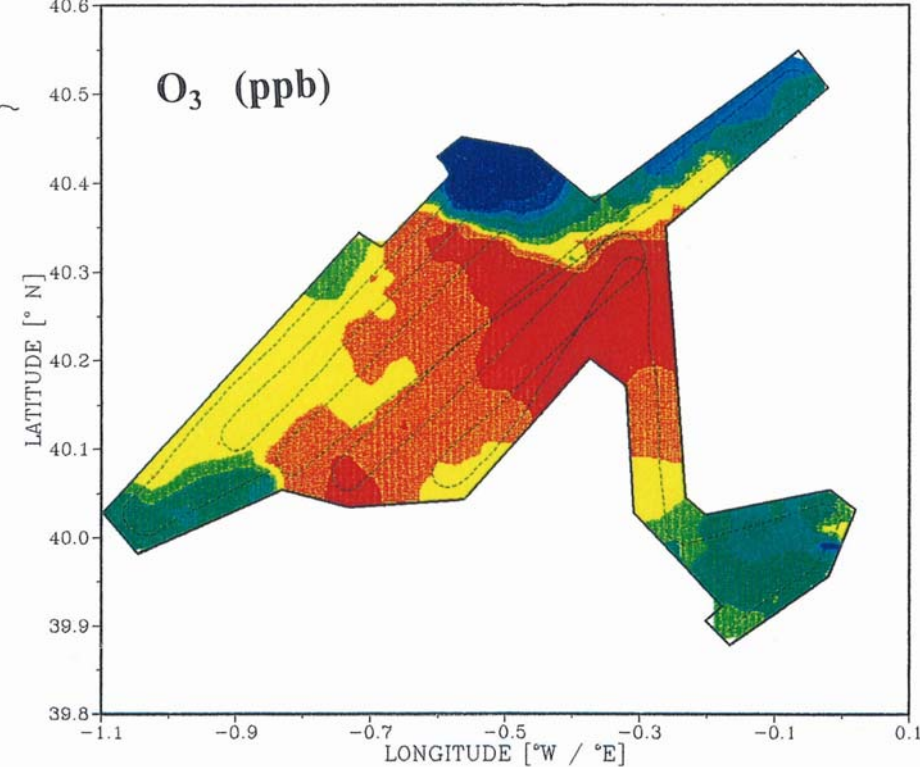
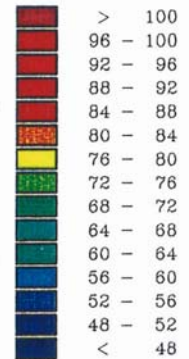
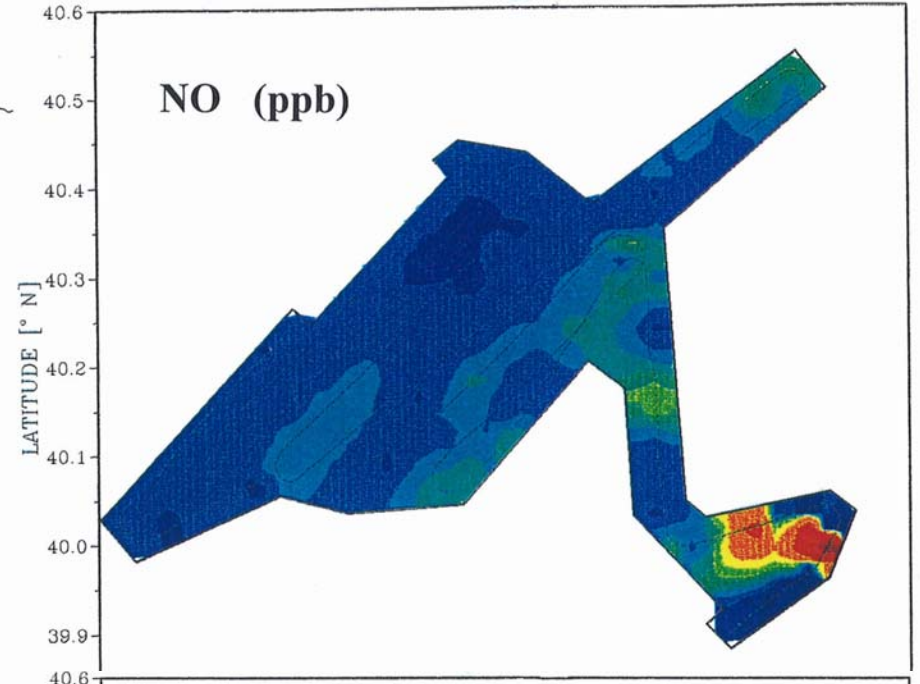
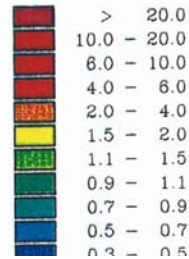
MECAPIP July-27-1989, C
 Horizontal cross section, 15:09 - 15:55 UTC
 Windfield



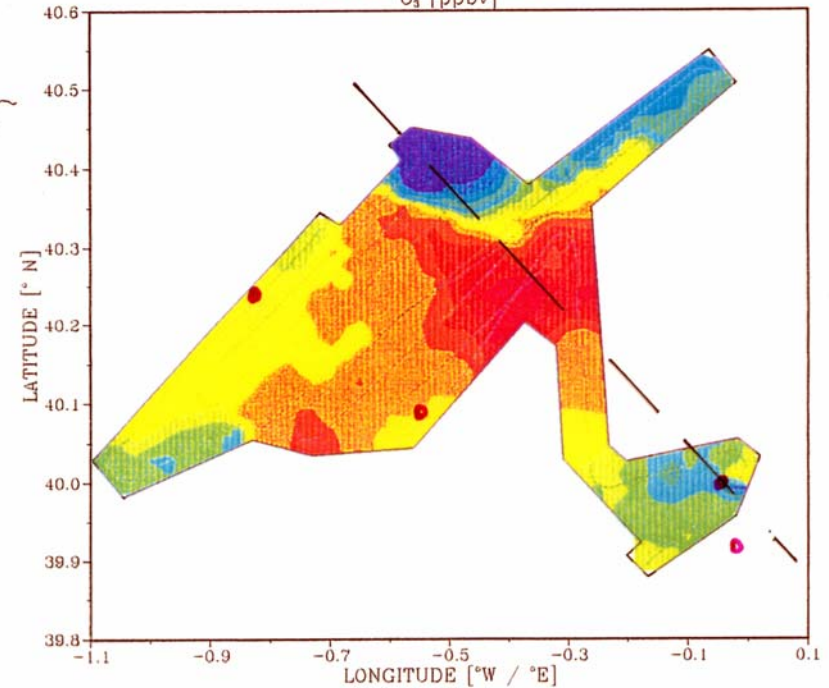
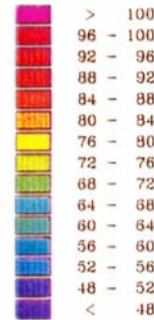
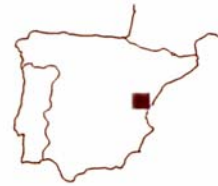
Evolución del NO y del O3 durante el primer vuelo (11:47 – 12:20 UTC) sobre un dominio de aproximadamente 20 km x 20 km



Evolución del NO y del O₃ durante el segundo vuelo (15:09 – 15:55 UTT) sobre un dominio de aproximadamente 120 km x 120 km

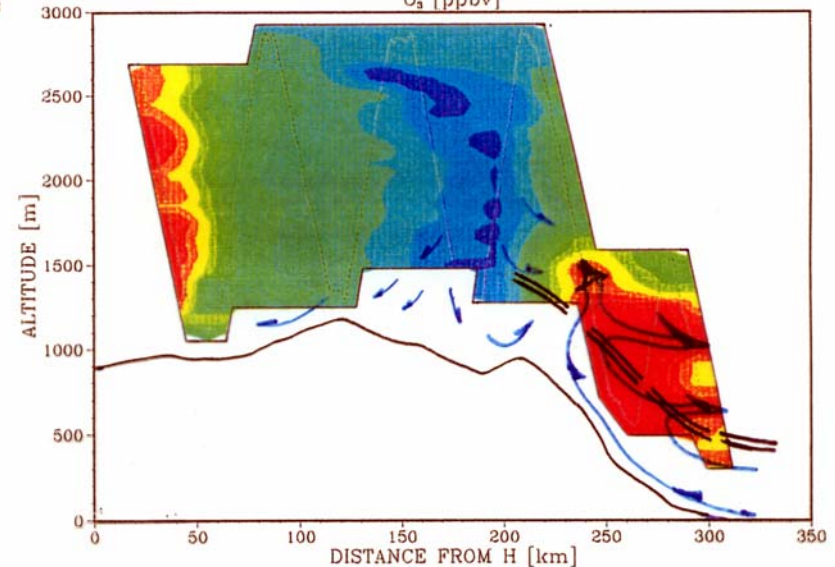
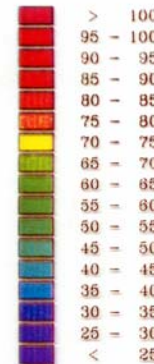


Relación entre las concentraciones de ozono detectadas en el vuelo en abanico y en el de trayectoria vertical en “diente de sierra”. La intersección del plano vertical es la diagonal en la parte superior, y la de la superficie del vuelo en abanico se indica con dos líneas paralelas en la parte inferior.



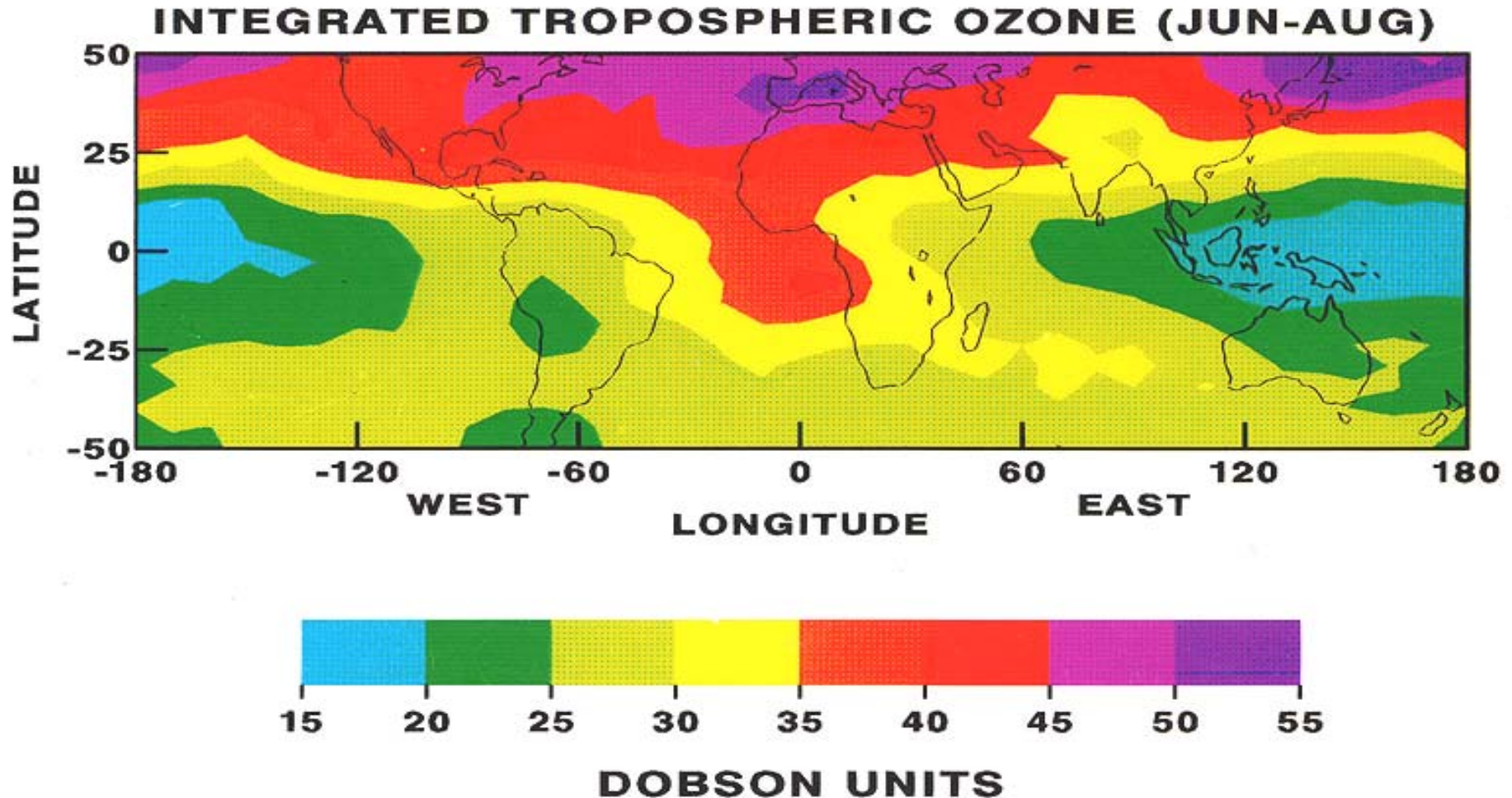
Delante del frente de la brisa combinada se observa un gran salto en las concentraciones de ozono, p.ej., con respecto a donde se está produciendo la última chimenea.

Así, se pueden generar diferencias de más de 60 ppbv entre estaciones separadas por pocos km, y son muy comunes en la divisoria continental Europea en verano. Situación muy sorprendente para los científicos del centro y norte de Europa, acostumbrados a campos de viento más o menos uniformes y continuos, que generan concentraciones con una variación gradual a lo largo de un “viento dominante”.



Accumulation of air pollutants (ozone) associated with the deposition of nitrates in the western Mediterranean basin

Courtesy of J. Fishman, NASA, *J. Geophys. Res.*, **95**, 3599, (1990)





COMMISSION OF THE
EUROPEAN COMMUNITIES



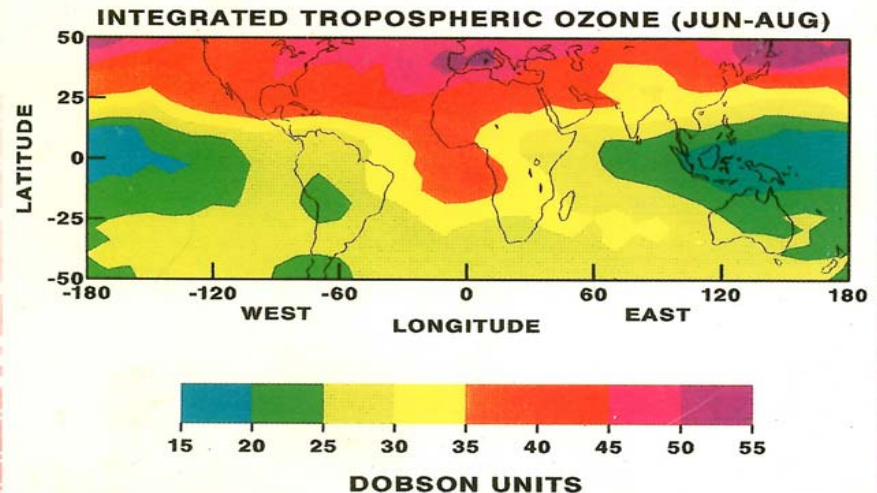
Los datos obtenidos en los proyectos MECAPIP y RECAPMA explican la anomalía detectada por la NASA, cuando fueron capaces de separar, de las medidas satelitarias de ozono total, la parte correspondiente al ozono troposférico, o sea, desde la superficie hasta unos 9000 m de altura.

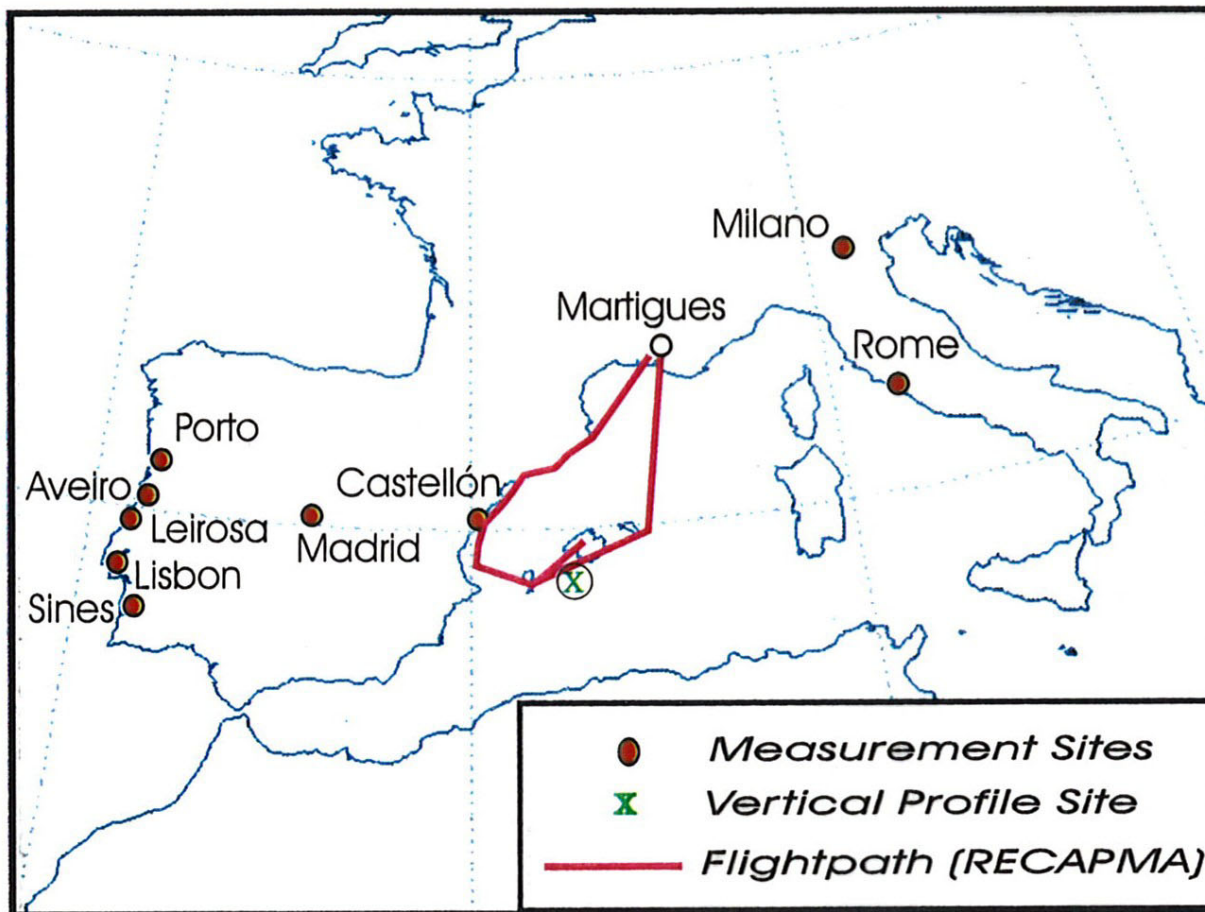
Este procedimiento fue elaborado por el Dr. Jack Fishman, que preparó esta figura, específicamente, para el informe final del MECAPIP.

Air Pollution Research Report 44

MESOMETEOROLOGICAL CYCLES OF AIR POLLUTION IN THE IBERIAN PENINSULA

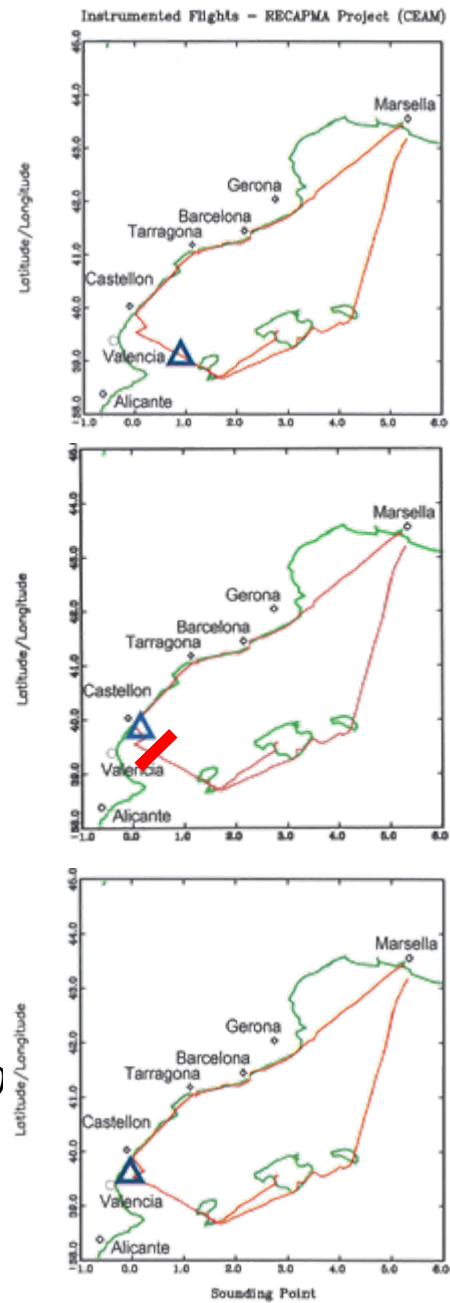
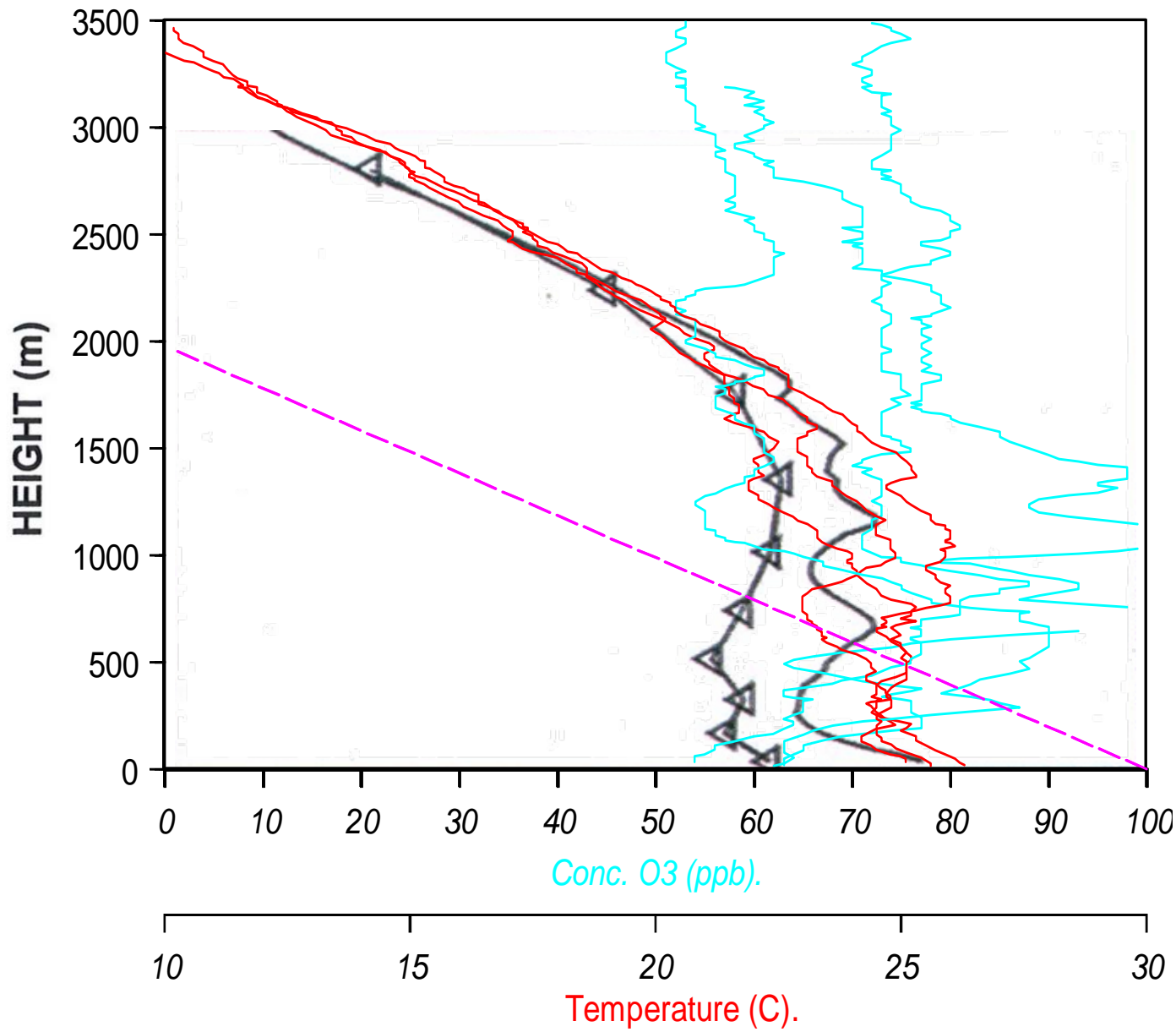
Contract EV4V-0097-E



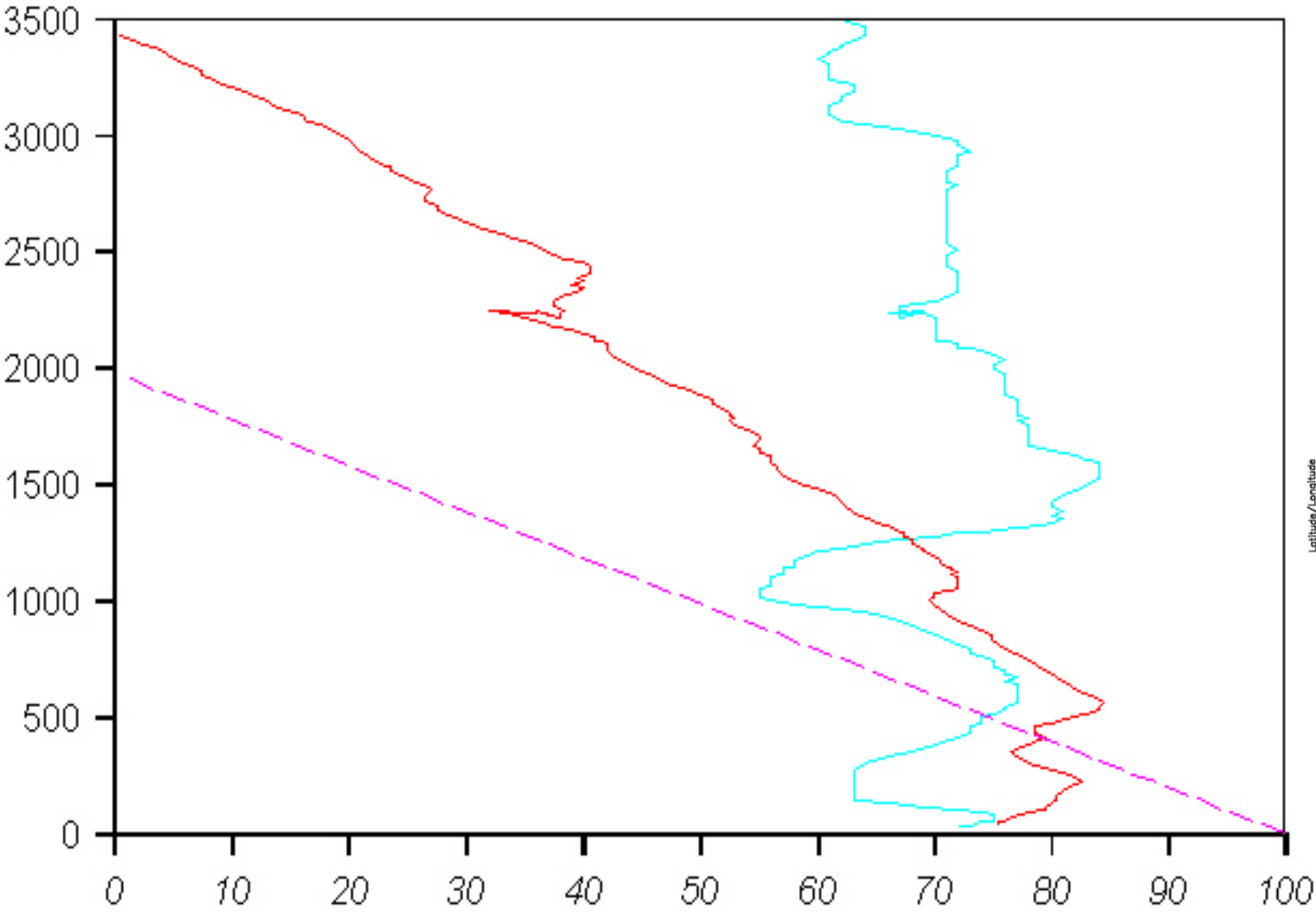


El proyecto: **R**egional **C**ycles of **A**ir **P**ollution in the western **M**editerranean **A**rea (**RECAPMA**, 1990-1992) tenía como objetivo documentar si la formación de estratos, observada sobre las costas de la Península Ibérica, tenían continuidad sobre la cuenca mediterránea occidental y sobre la fachada atlántica de Portugal.

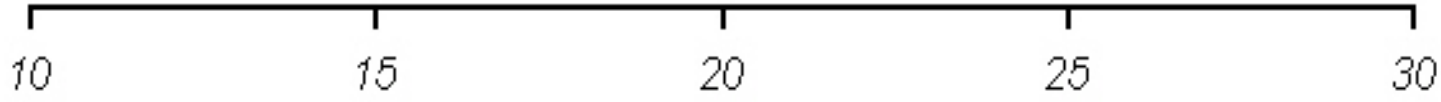
Participaron equipos de España, Francia, Italia y Portugal, en las área que se indican, coordinados por Millán Millán del CEAM



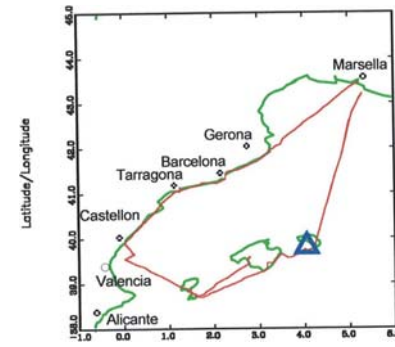
Day 19/07/91 (7h43m - 8h05m). Point 1 (DESCENT).

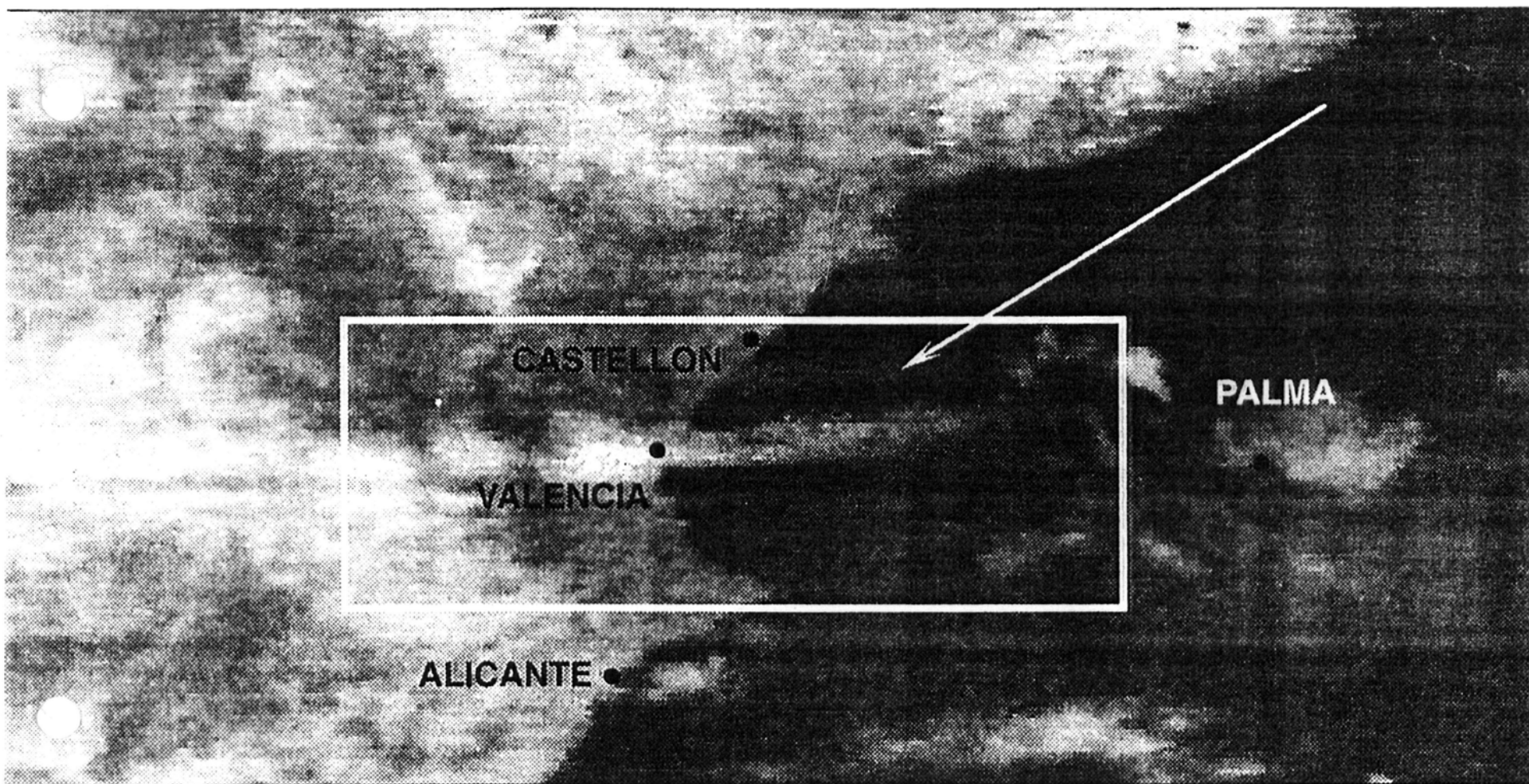


Conc. O3 (ppb).



Temperature (C).

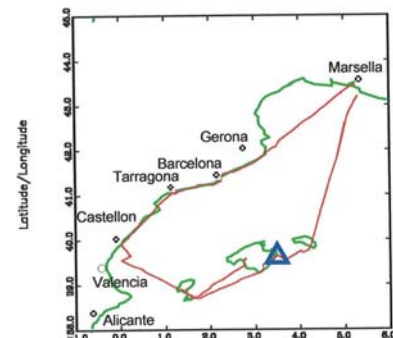
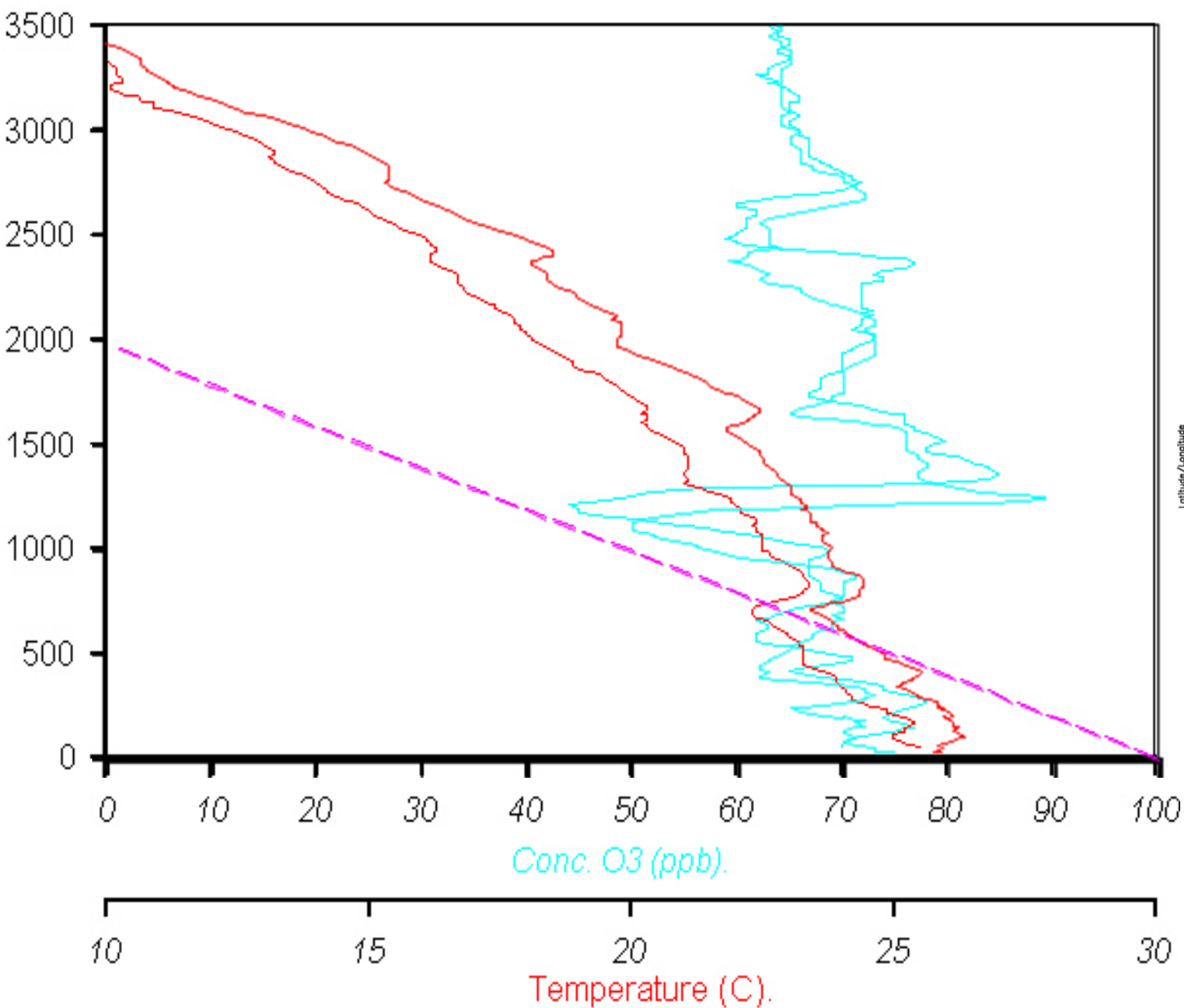




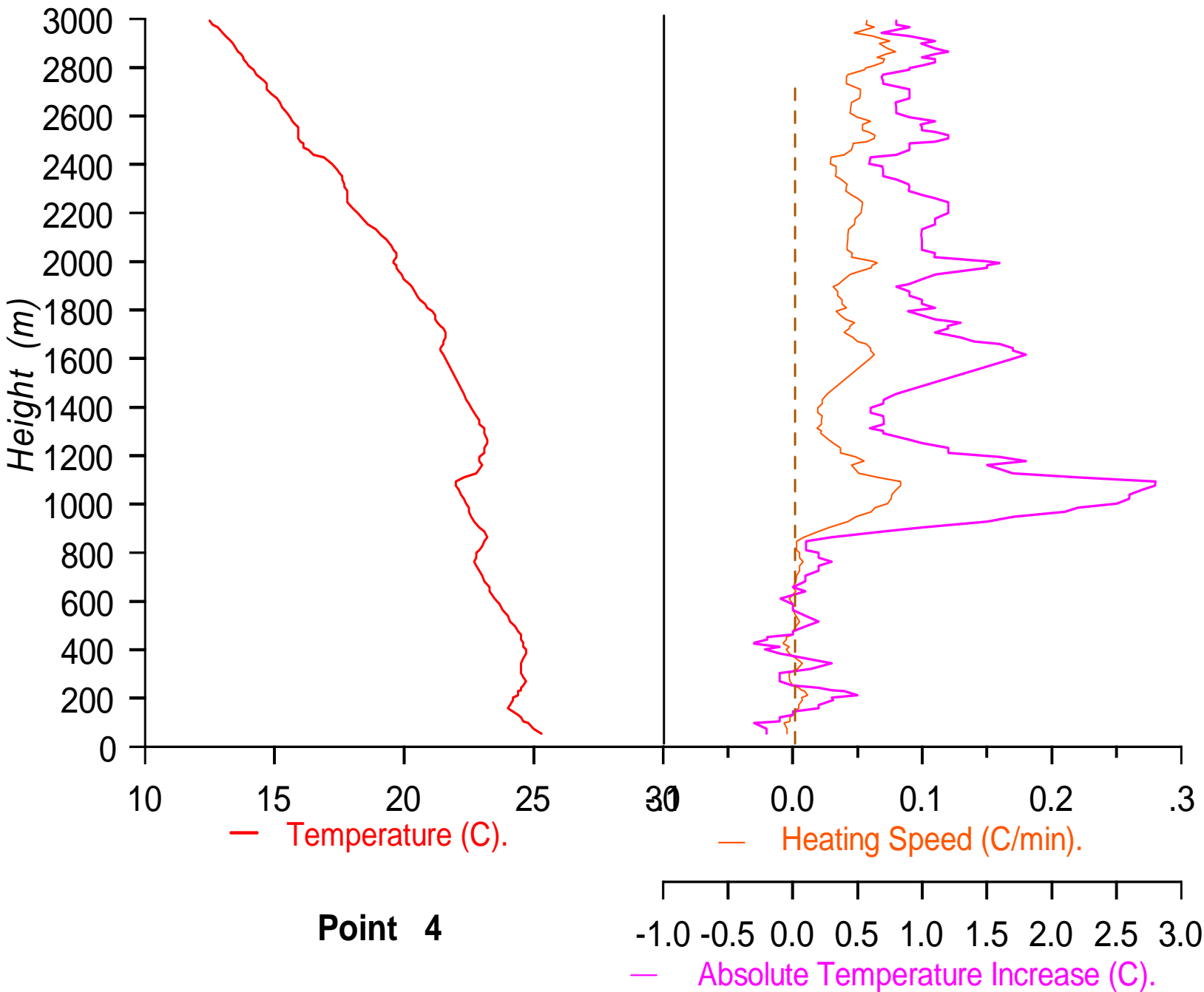
columna de humo, dentro del recuadro, captada por el «Meteosat».

CORTESIA

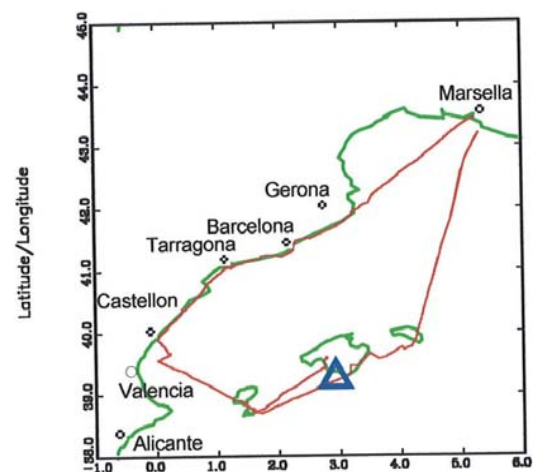
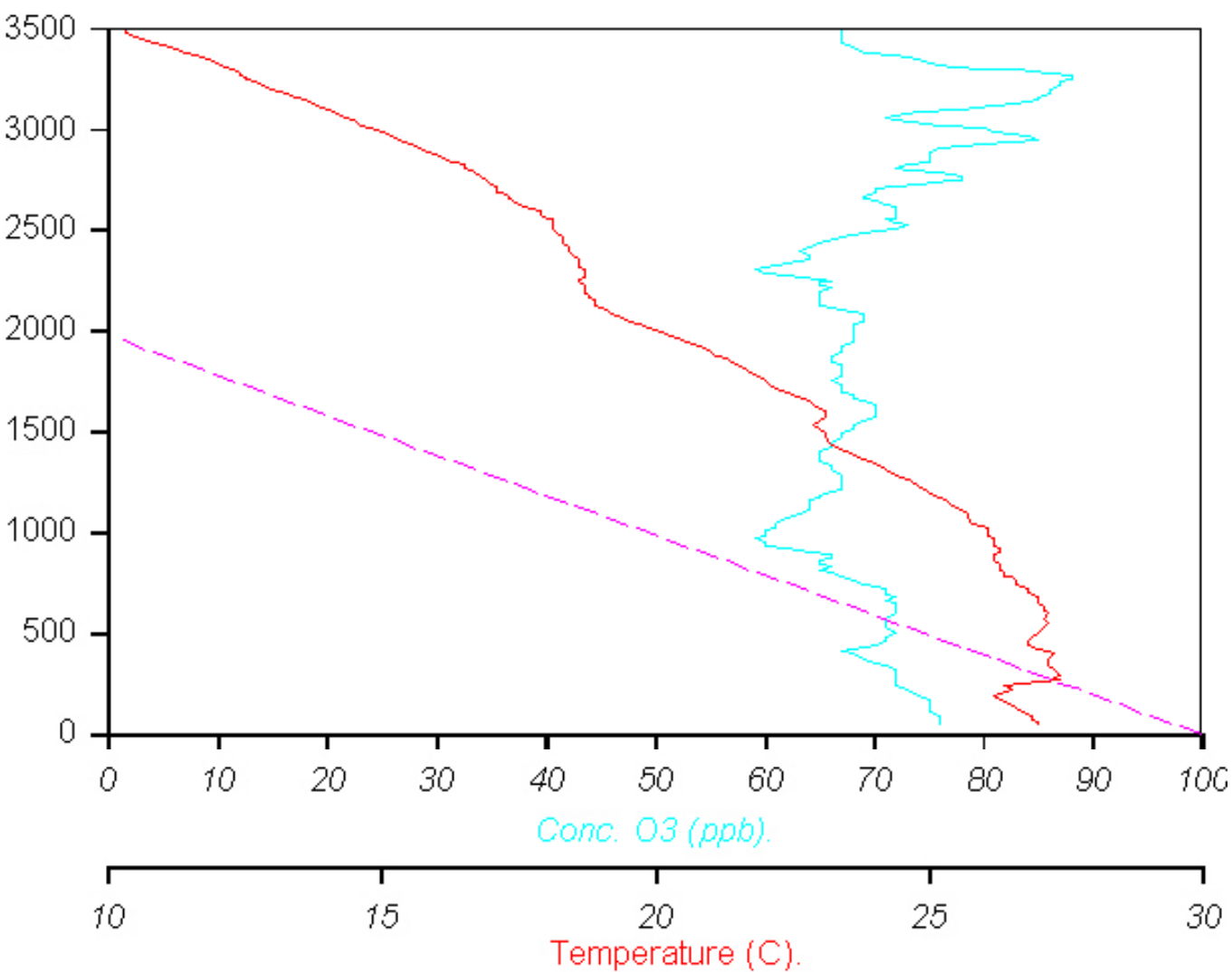
Day 19/07/91 (11h11m - 11h32m). - DESCENT - .



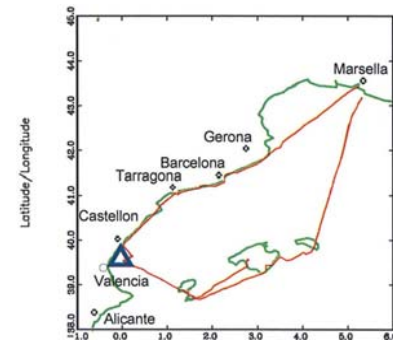
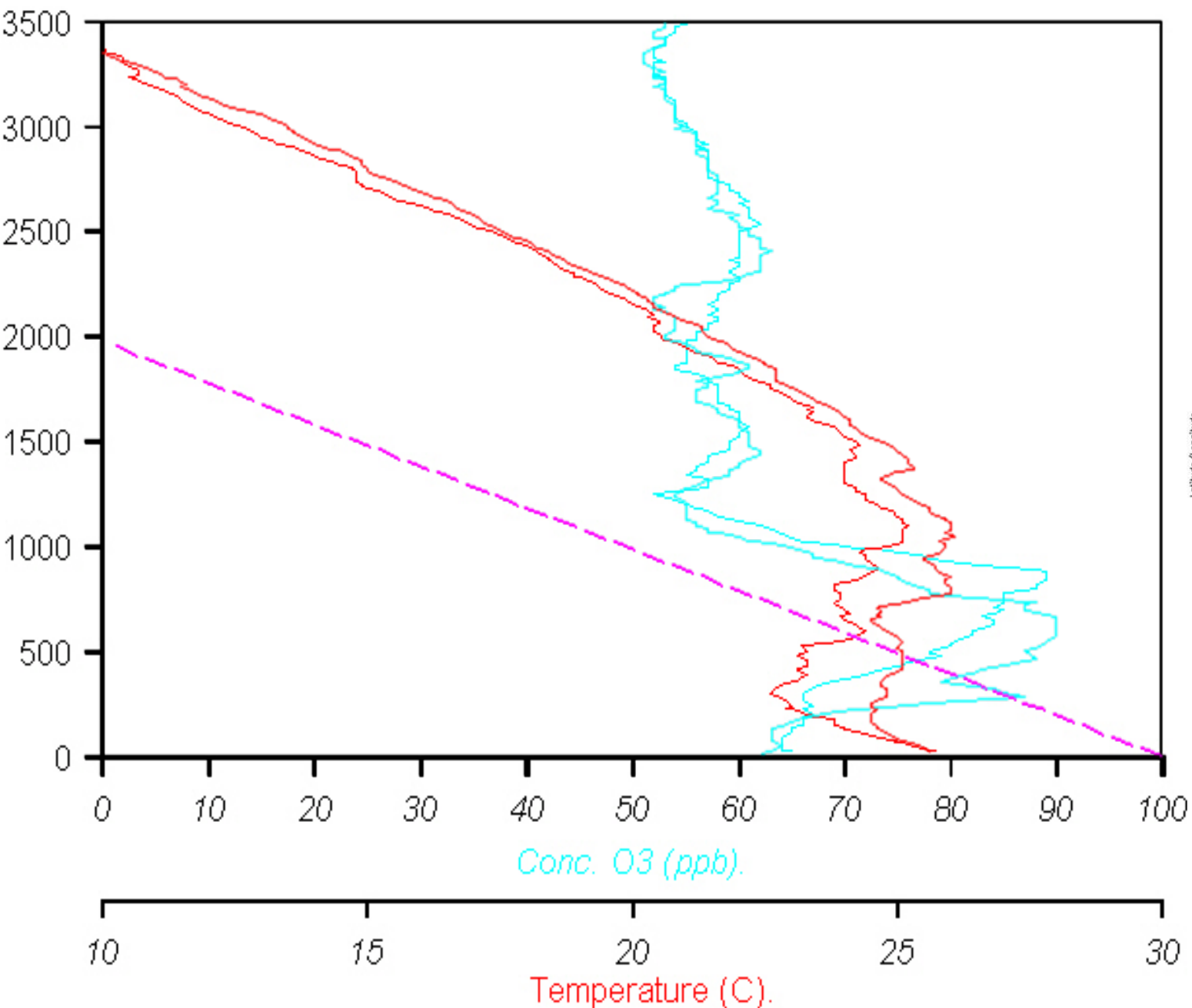
Day 16/07/91 - Start: 14h50m - End: 15h33m.



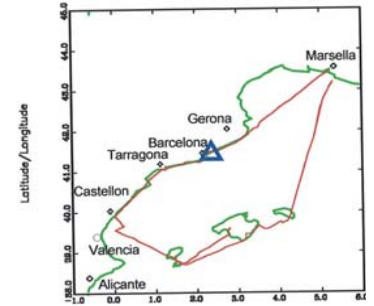
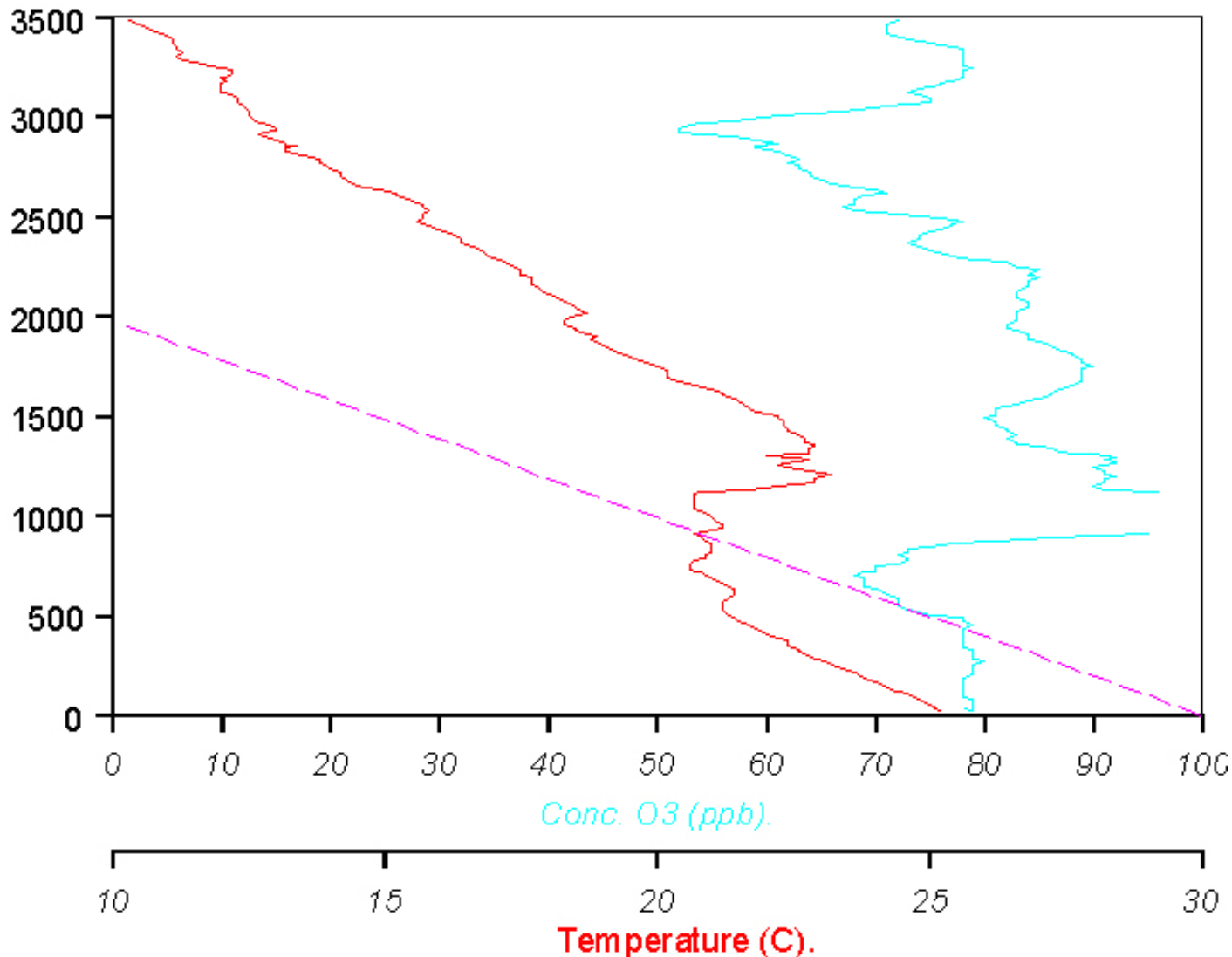
Day 19/07/91 (16h19m - 16h39m). Point 3 (DESCENT).



Day 18/07/91 (13h34m - 13h54m). Point 3 (DESCENT).

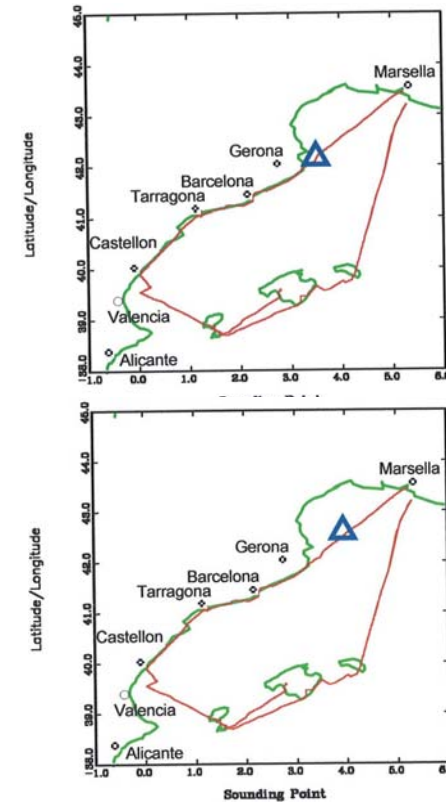
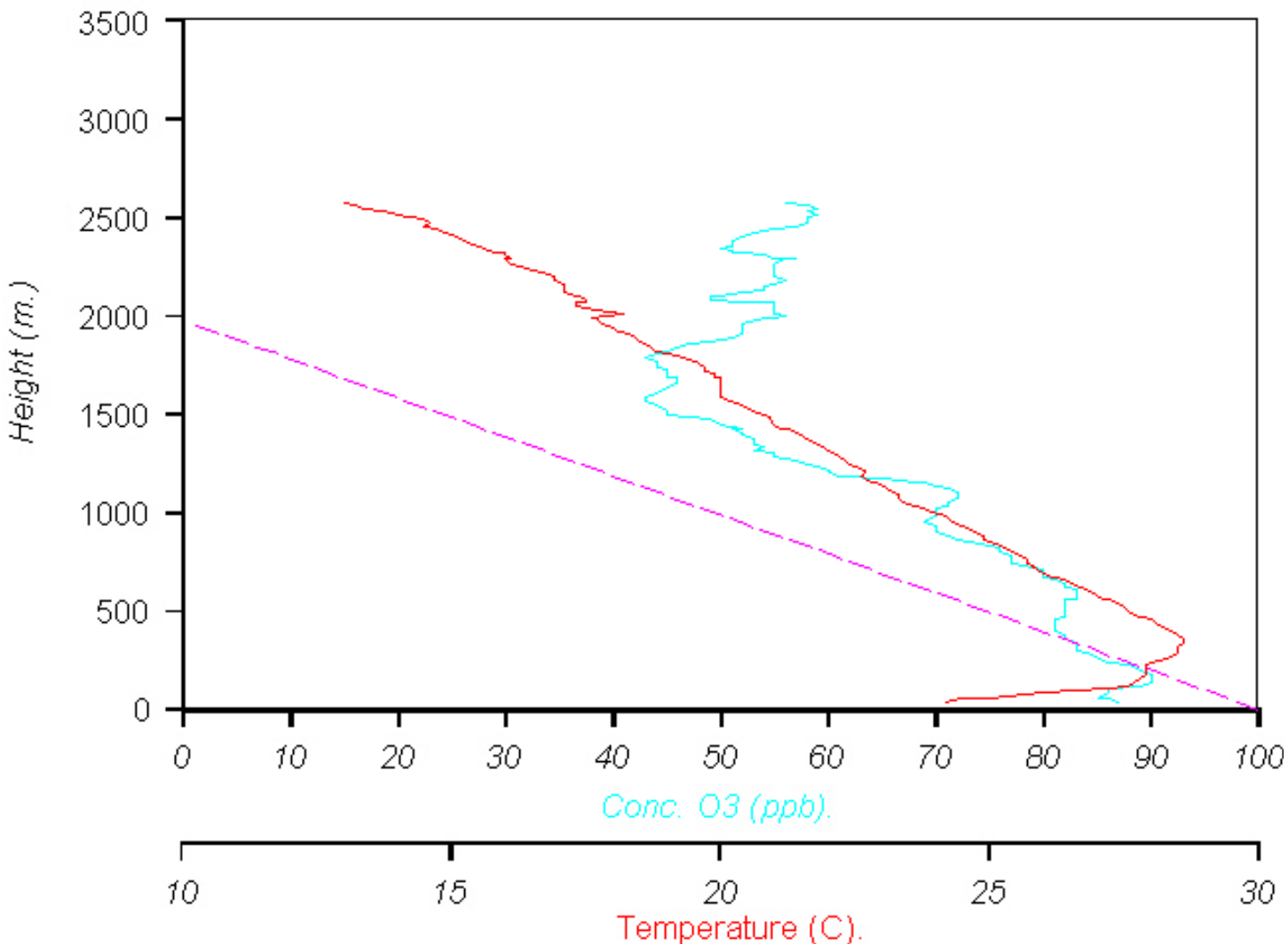


Day 18/07/91 (17h37m - 17h56m). Point 5 (DESCENT).



Superposición de los perfiles de temperatura y ozono sobre Barcelona, con SST de 26° C, ascenso a las 08:58-9:10 UTC (vuelo de ida), y descenso a las 17:37-17:56 UTC (retorno). Diferencia de 8h 58 min. Muestran un hundimiento de ≈ 800 m

Day 18/07/91 (8h07m - 8h20m). Point 1 (ASCENT).



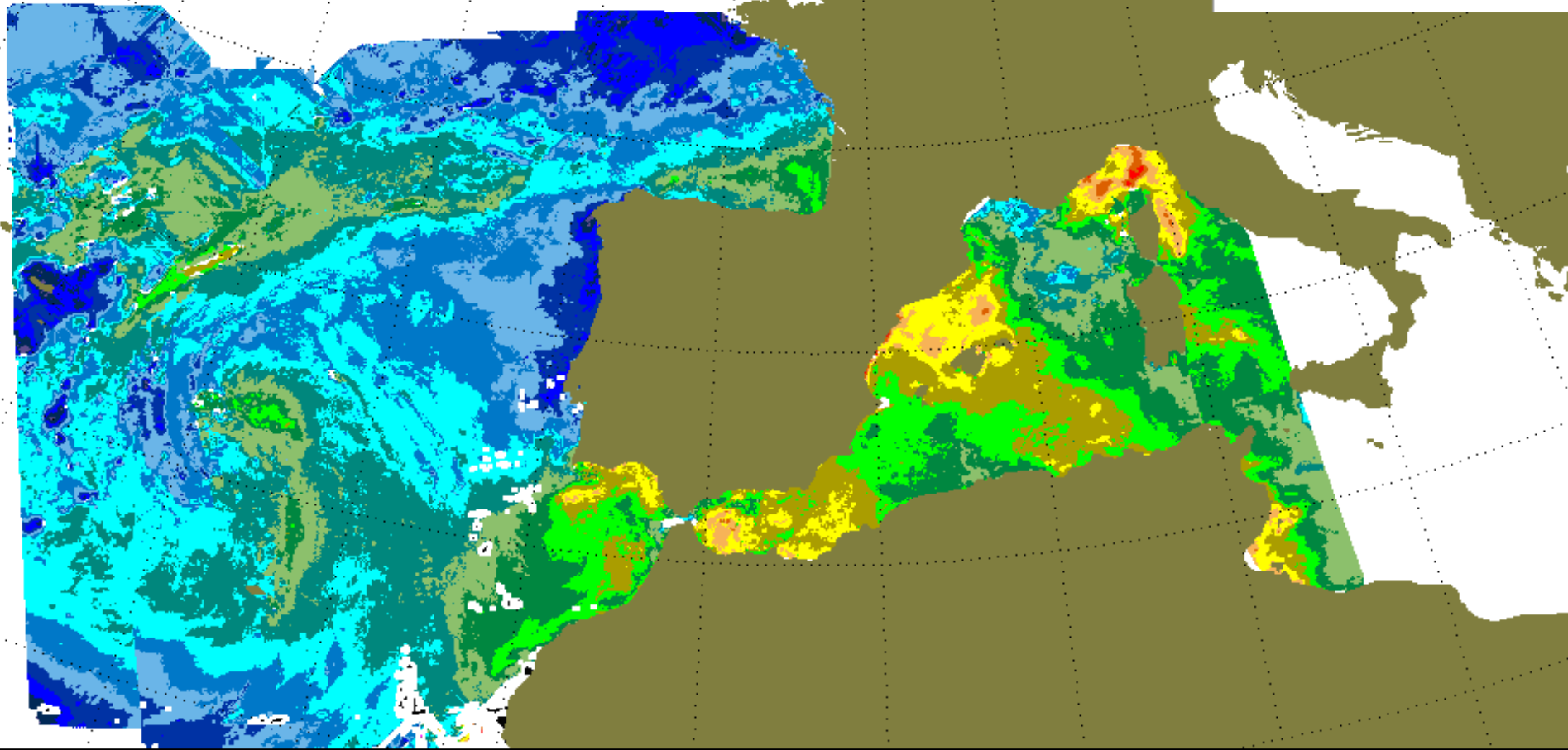
Superposición de los perfiles de temperatura y ozono sobre el Golfo de León, con SST de 20° C, ascenso a las 08:07-08:20 UTC (vuelo de ida), y descenso a las 18:53-19:06 UTC (vuelo de retorno): Diferencia de 10h 59 min). Hundimiento de ≈ 1600 m

17-18 July 1991

12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

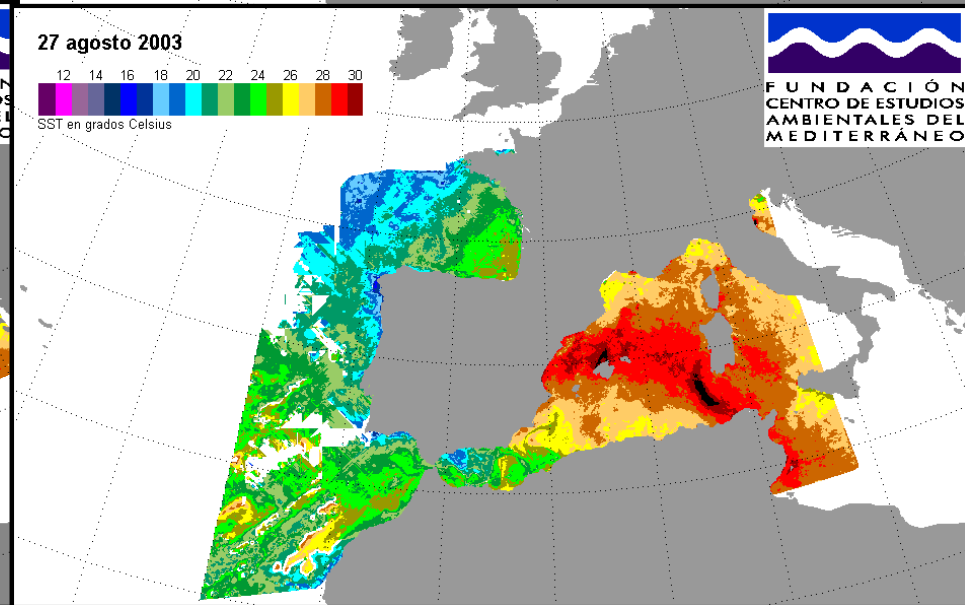
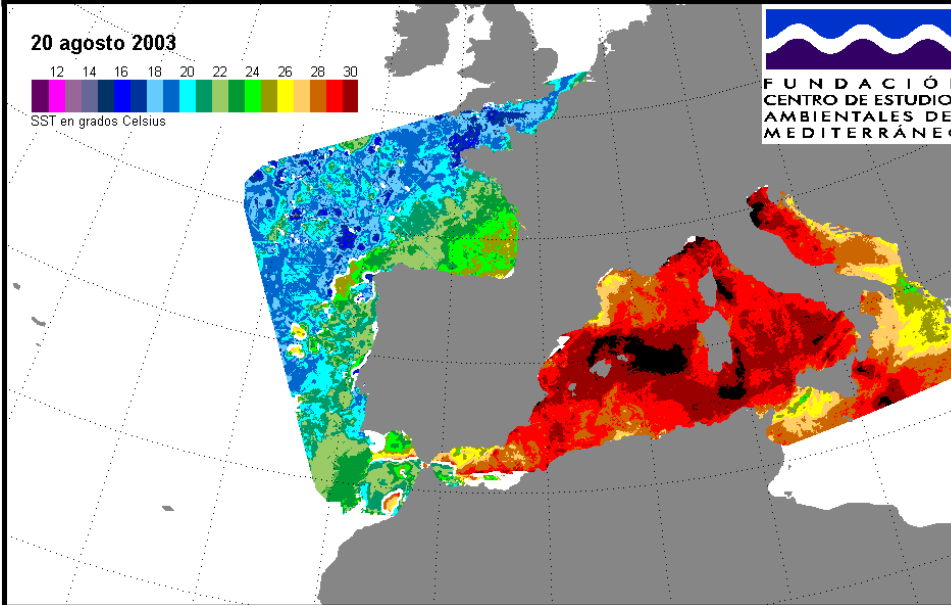
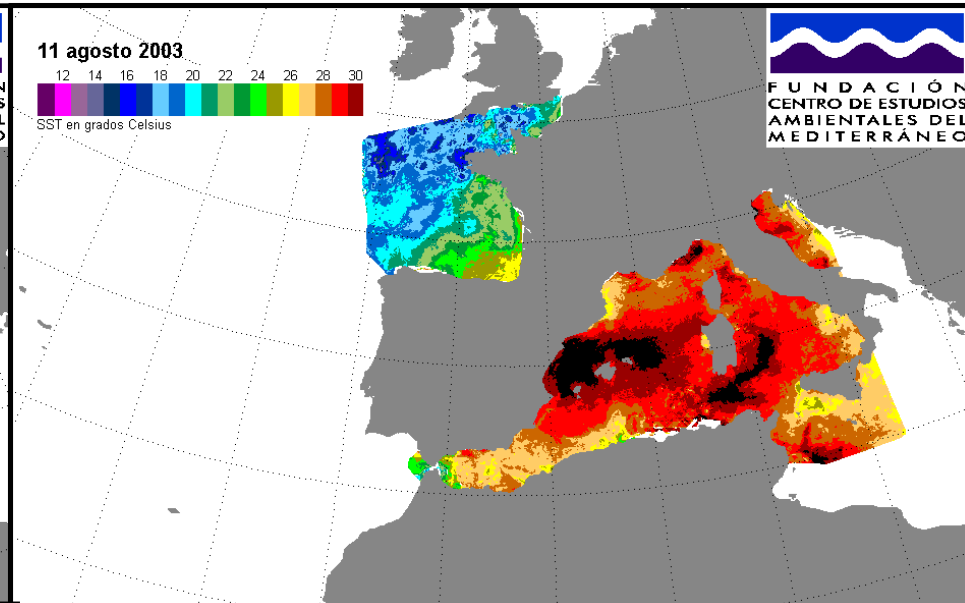
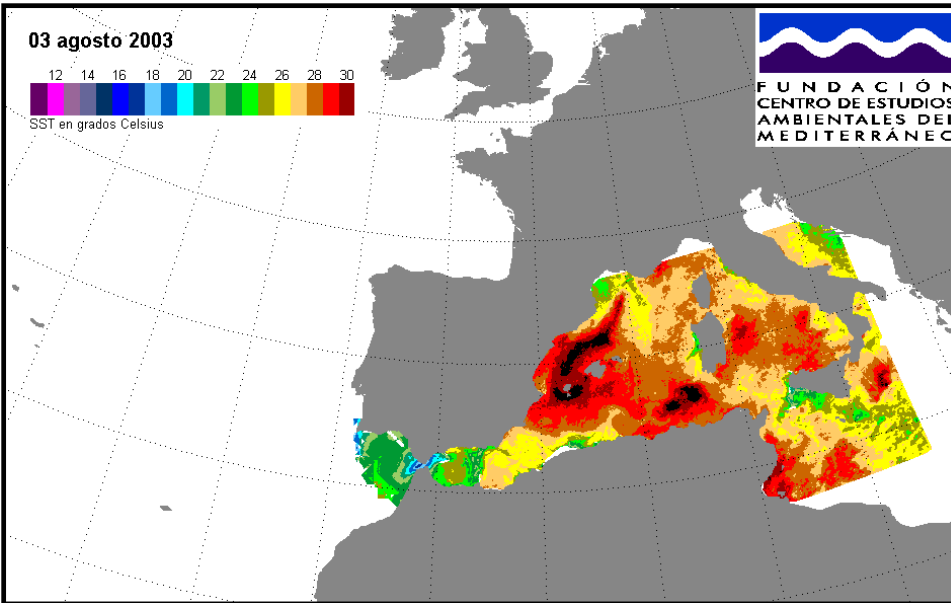


SST en grados Celsius

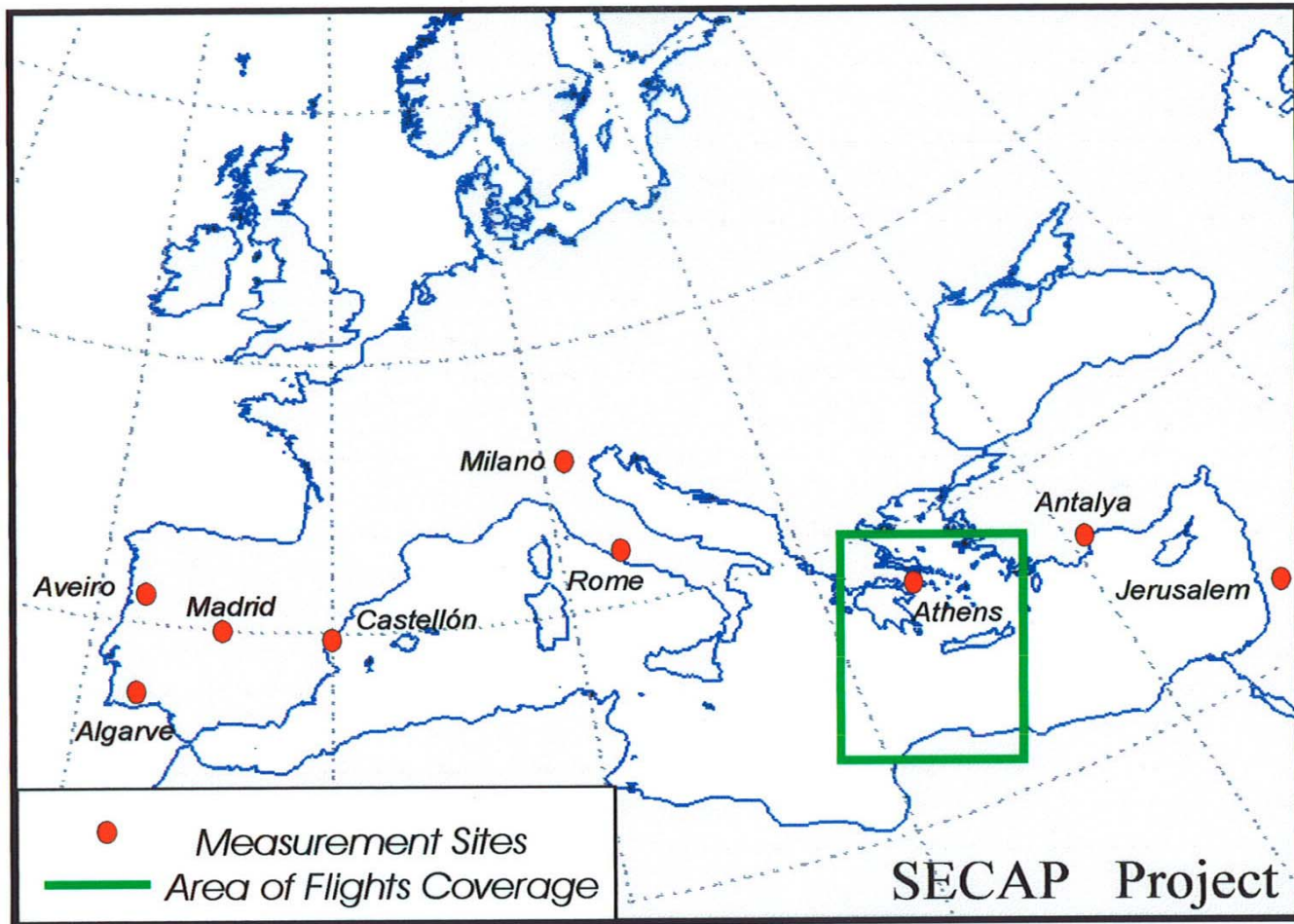


La temperatura de la superficie del mar (Sea Surface Temperature, SST) durante los días de medidas con vuelos del proyecto RECAPMA explica las diferencia en hundimiento de los estratos documentados en los perfiles de las figuras anteriores.

Sea Surface Temperature SST (August 2003)

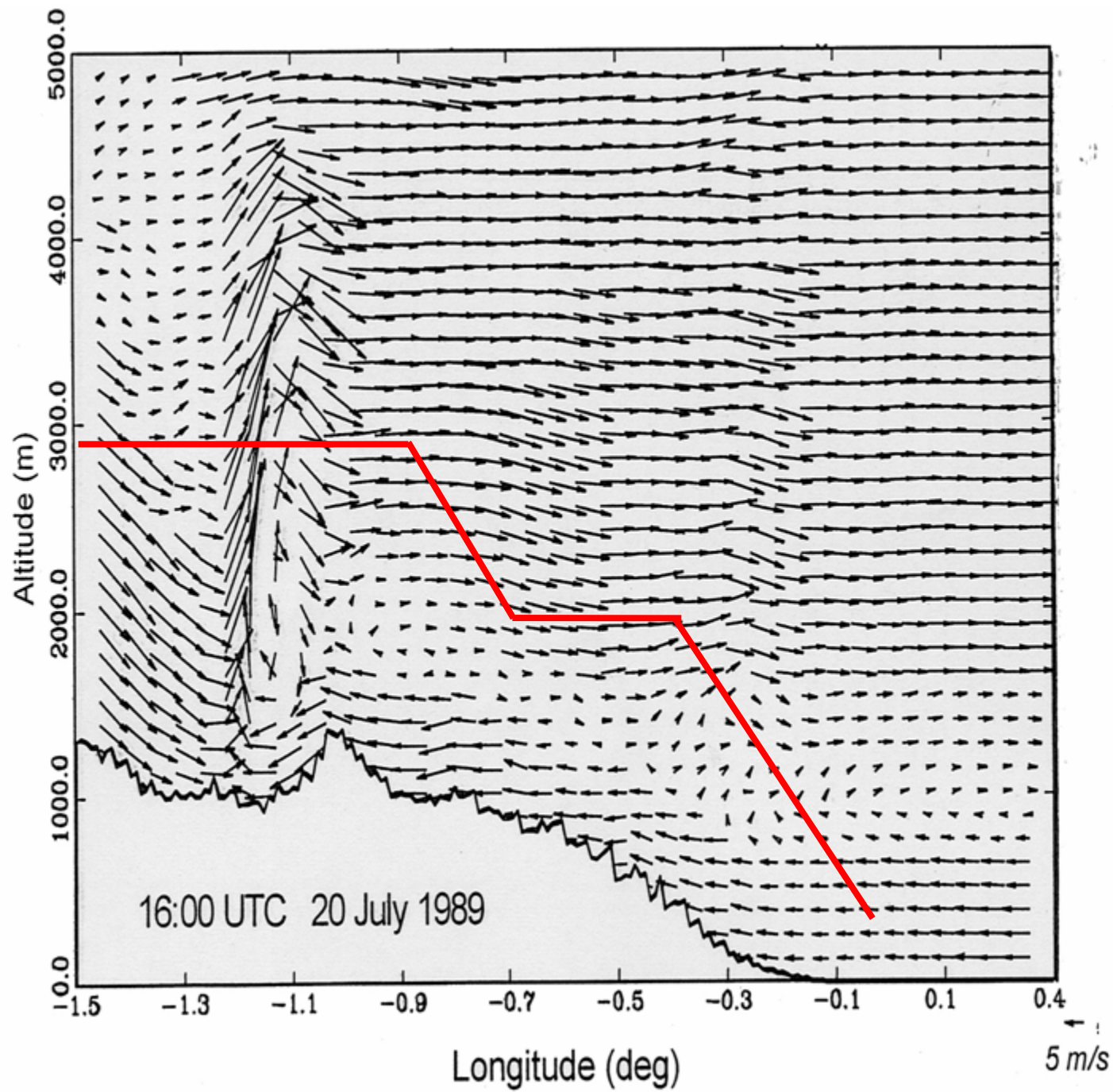


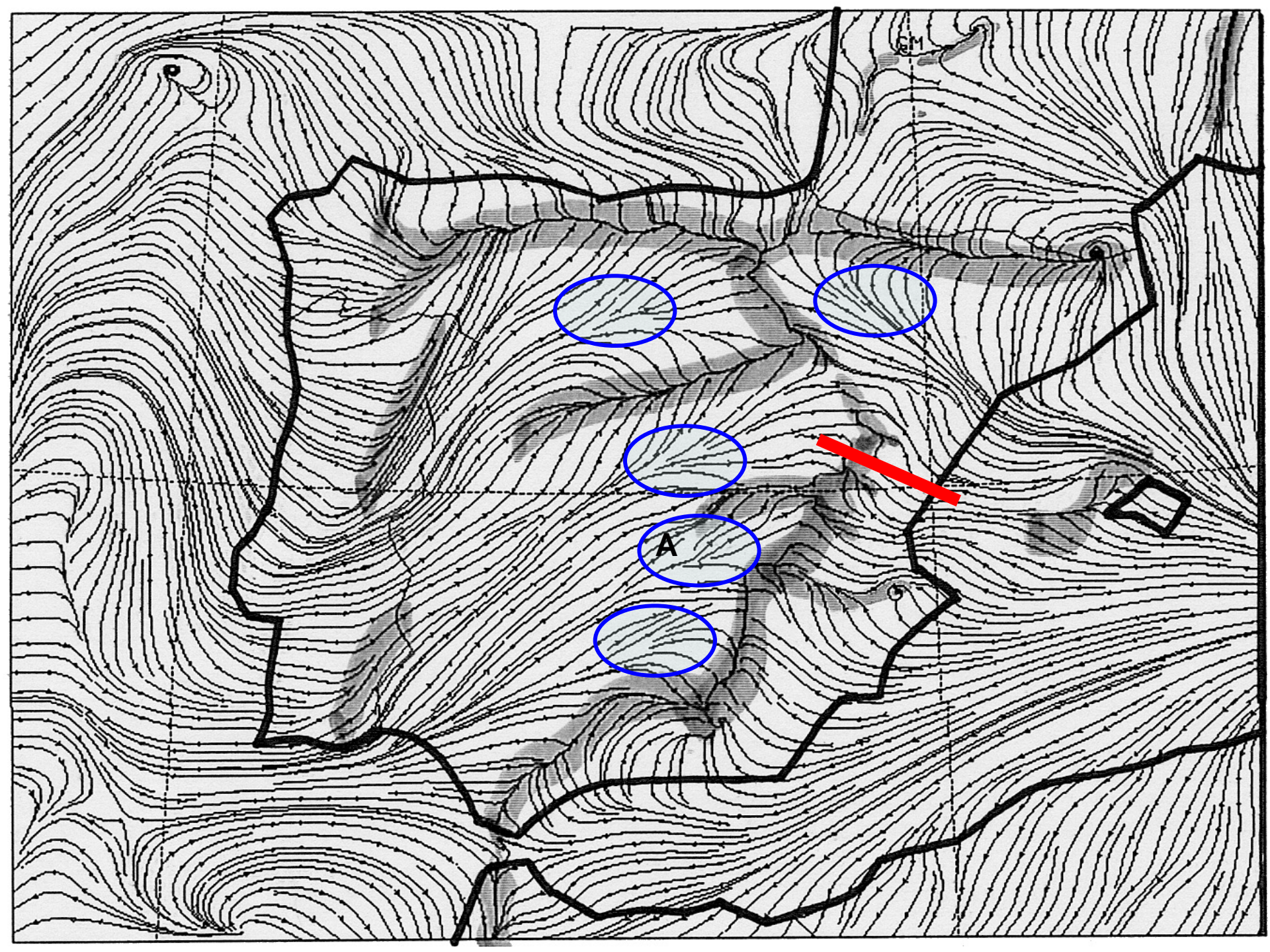
La SST varía de un día a otro y, así mismo, las velocidades de hundimiento sobre esas áreas

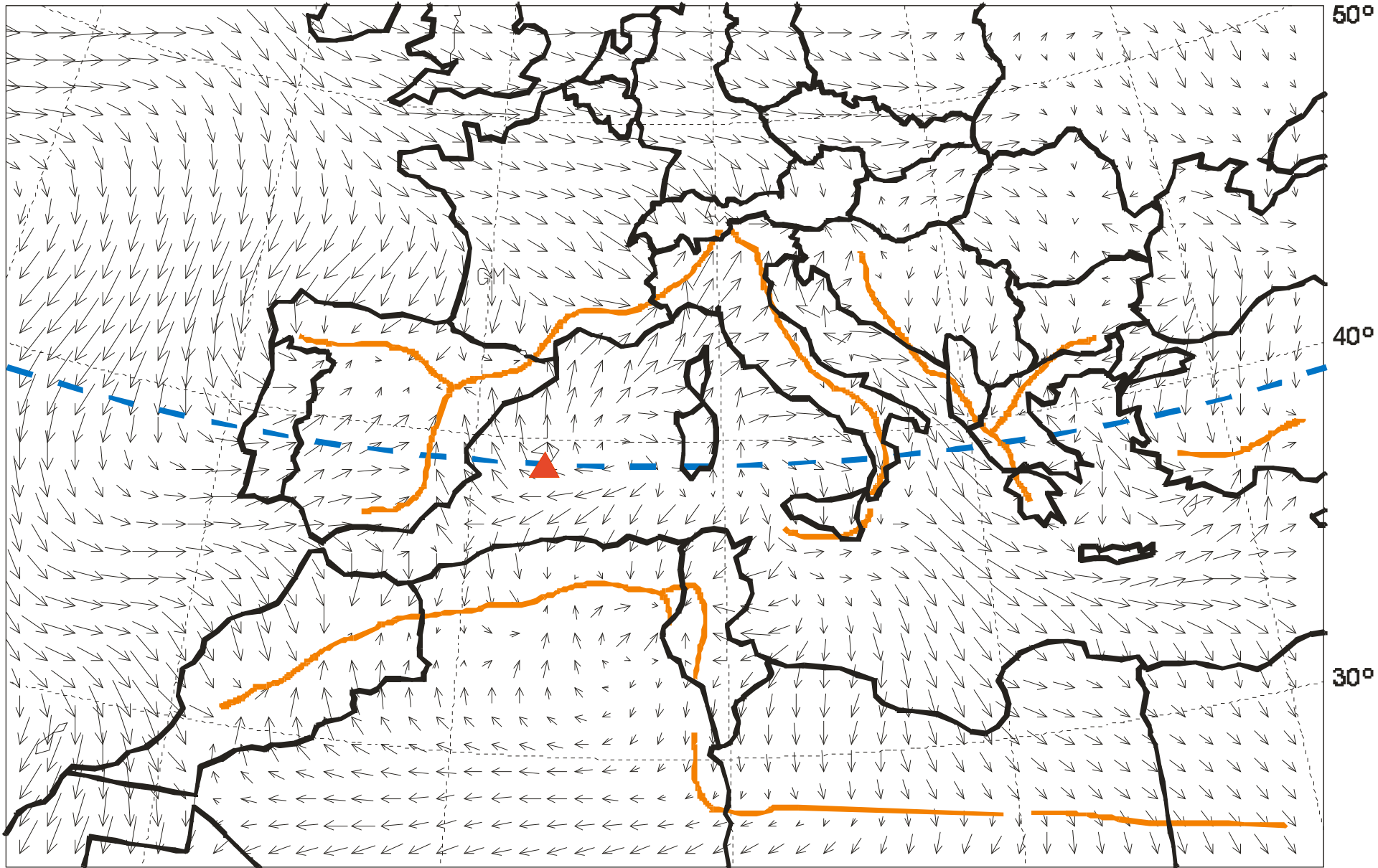


El tercer proyecto: **South European Cycles of Air Pollution in the Mediterranean Area (SECAP, 1992-1996)** tenía como objetivo determinar la continuidad de las circulaciones atmosféricas sobre toda la cuenca mediterránea, y montar un mosaico de sus circulaciones en verano.

Participaron equipos de Portugal, España, Francia, Italia, Grecia, Turquía e Israel, donde se indica, coordinados por Millán Millán del CEAM.

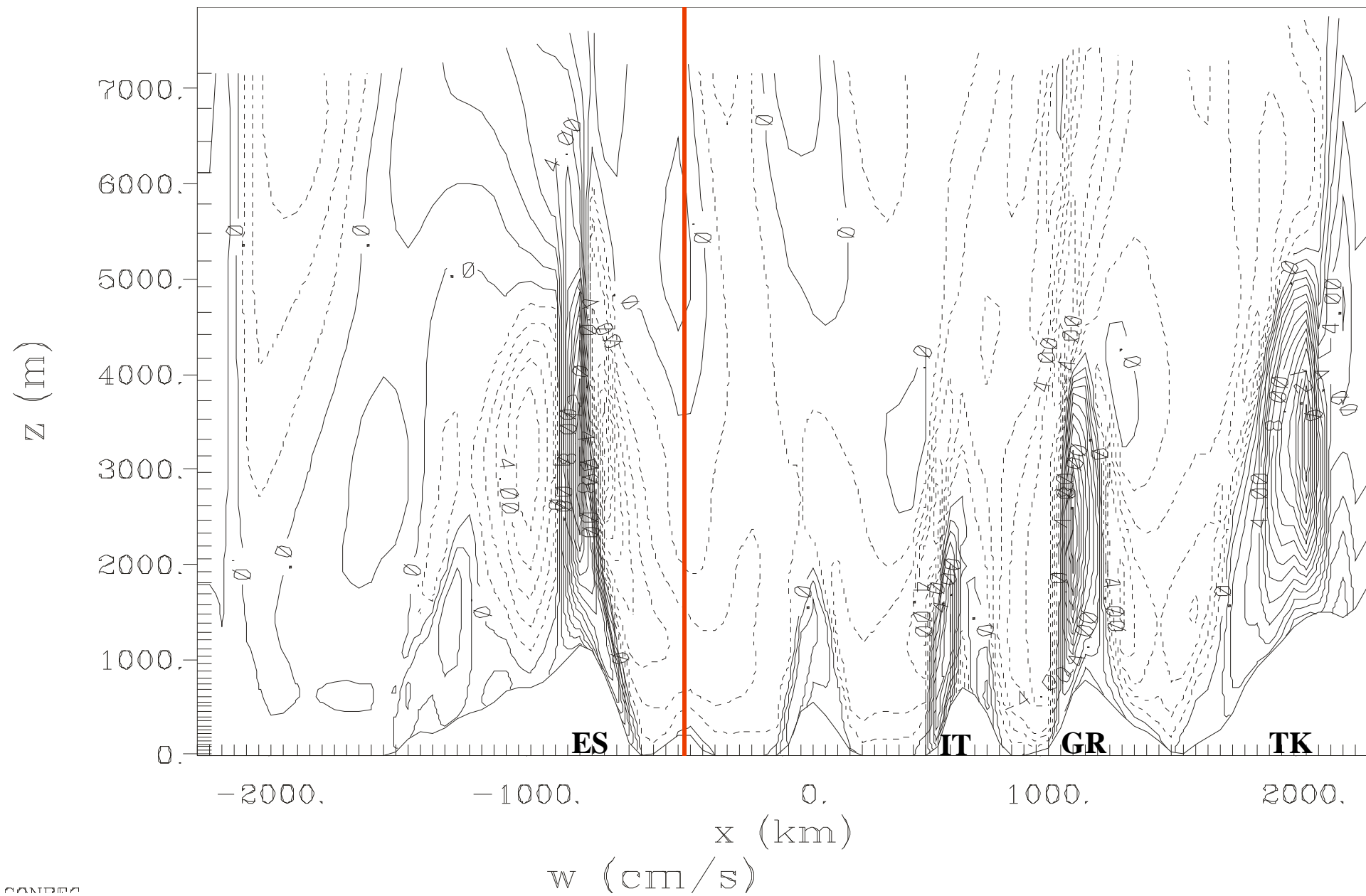






$z = 14.8 \text{ m}$

07/19/91 1600 UTC



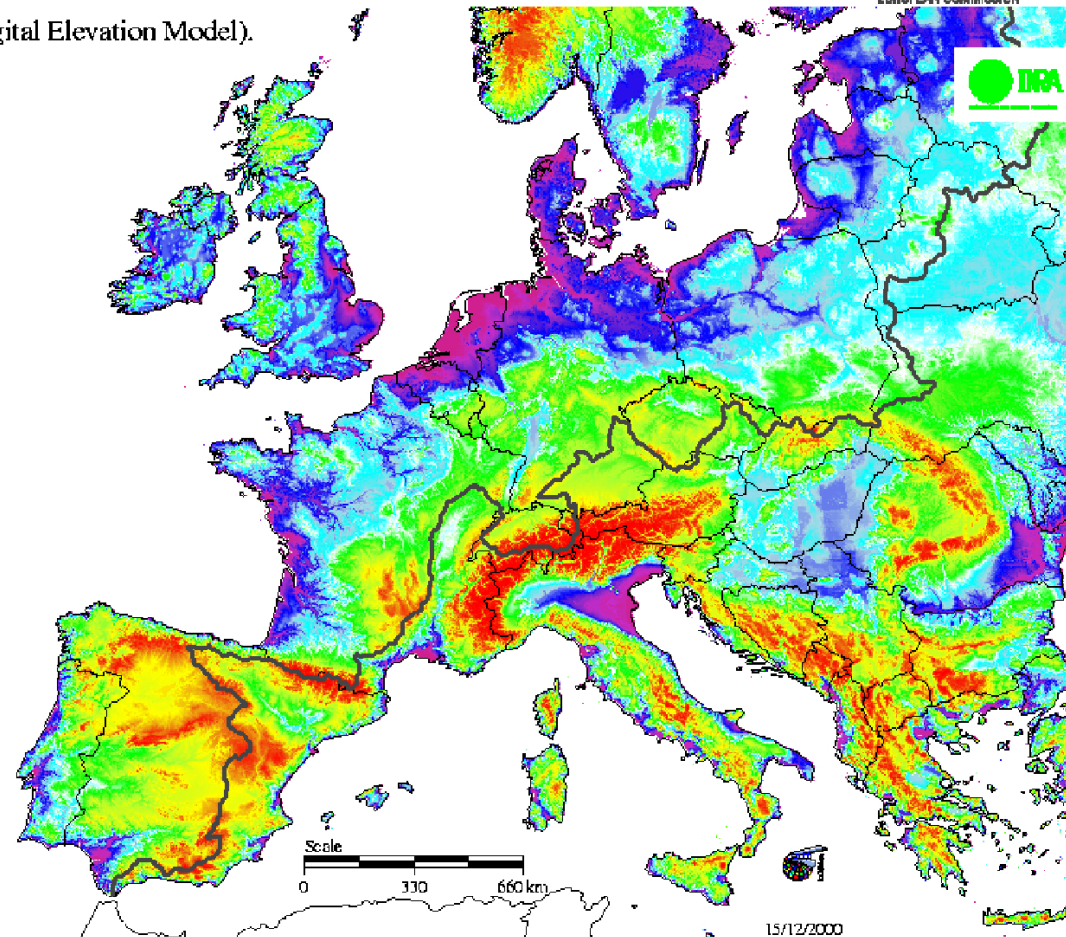
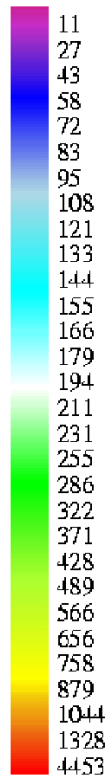
Millán et al., *J. Geophys. Res.*, **102**, D7, 8811-8823 (1997)

Millán et al., *Environmental Pollution*, **118**, 167-186 (2002)

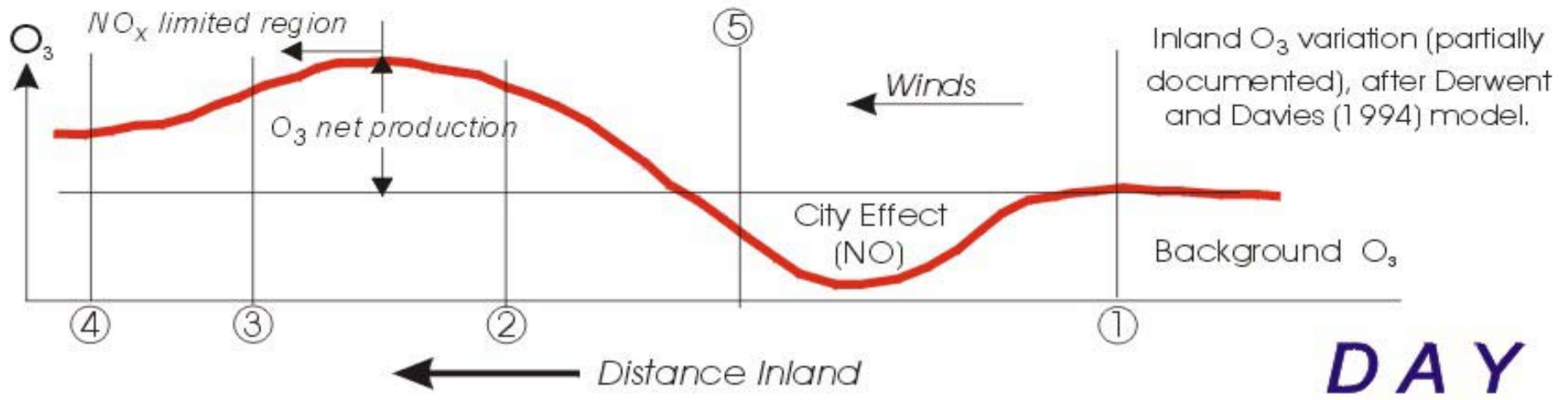
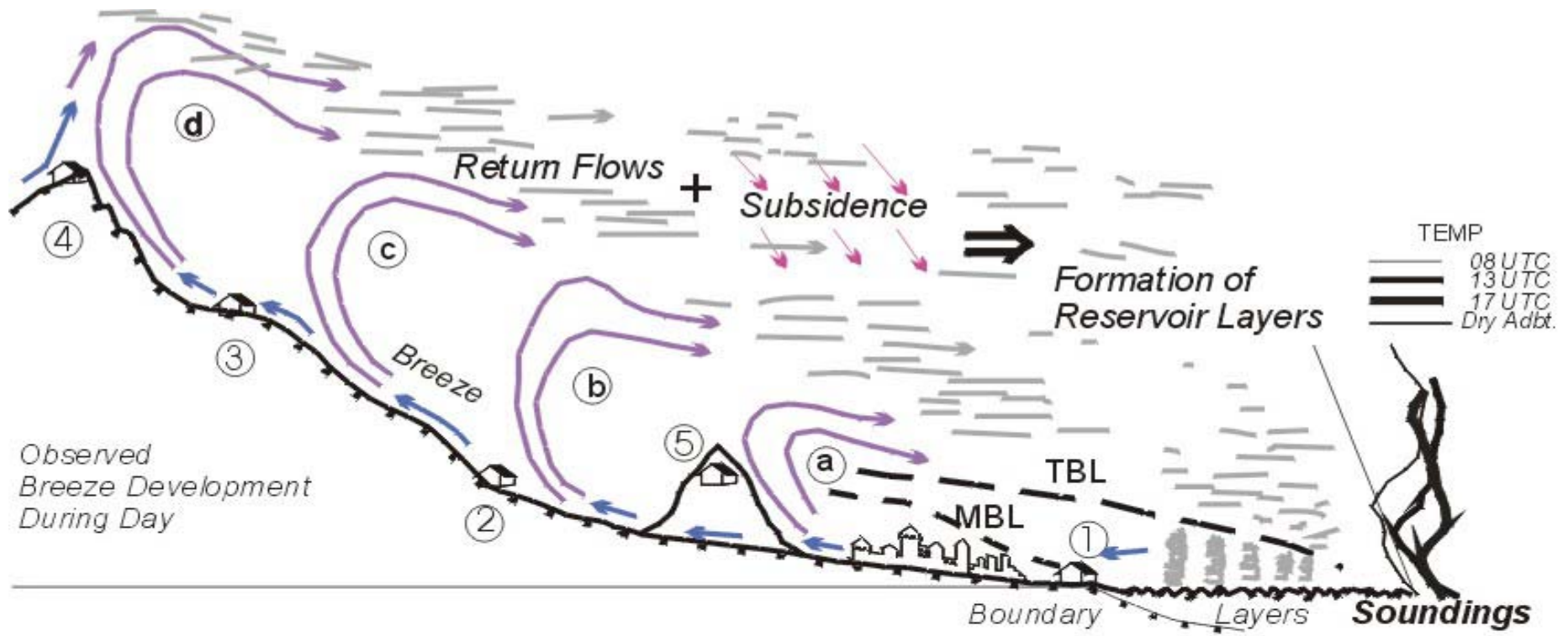
ALTITUDES.

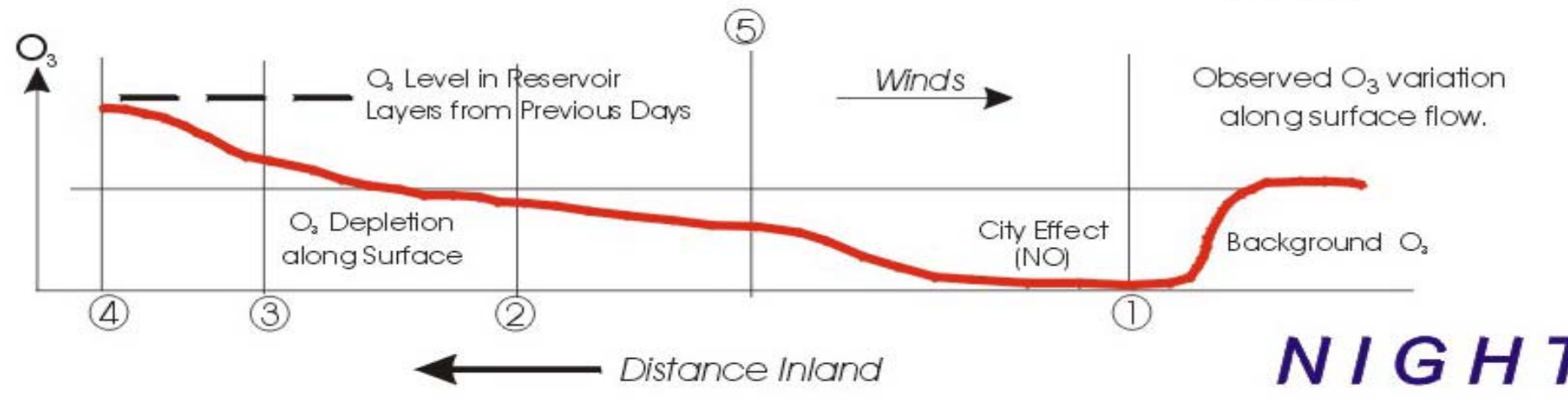
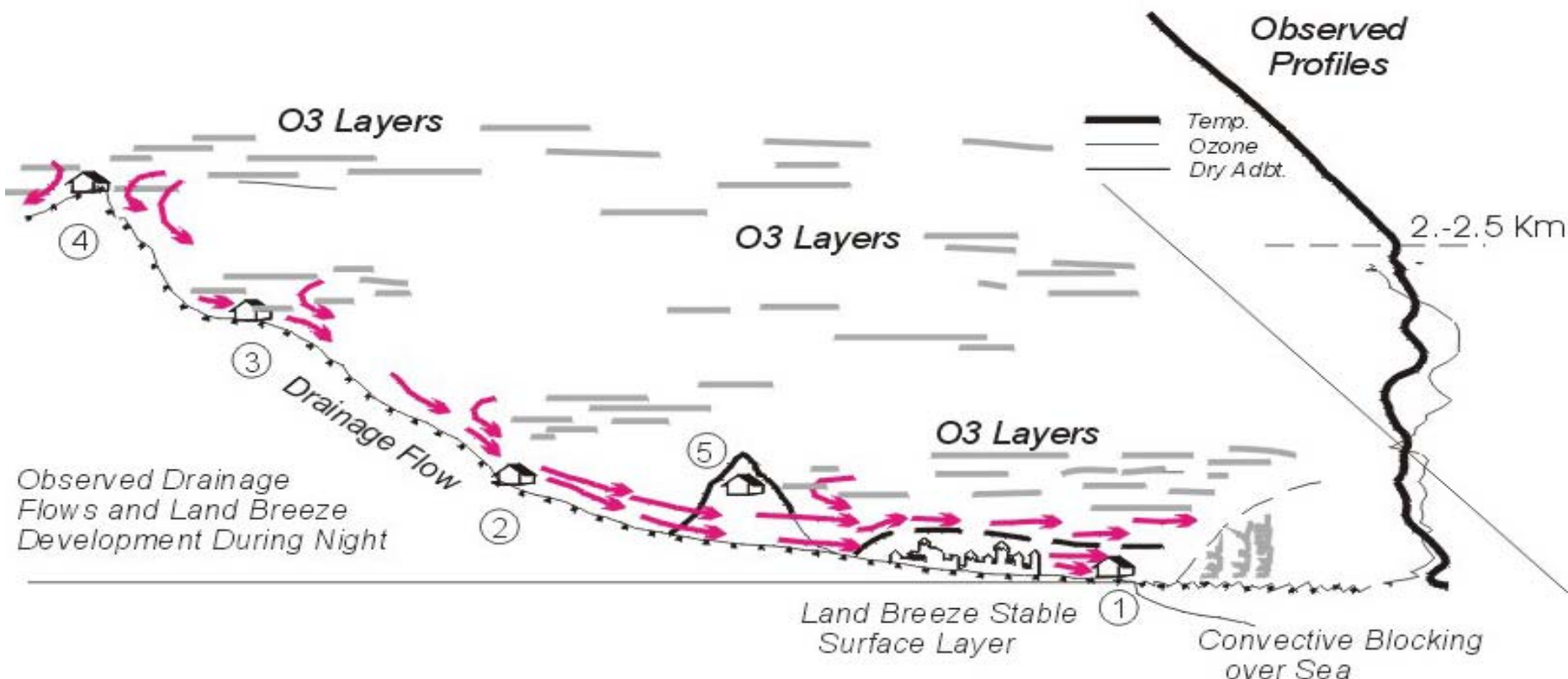
Source: USGS HYDRO1K
(1 km hydrologically correct Digital Elevation Model).

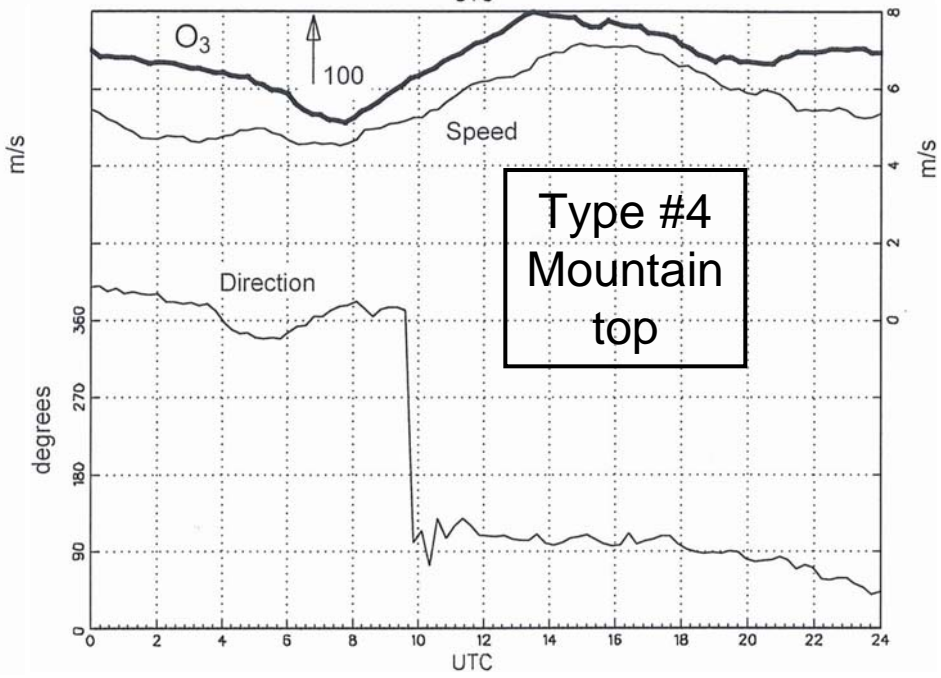
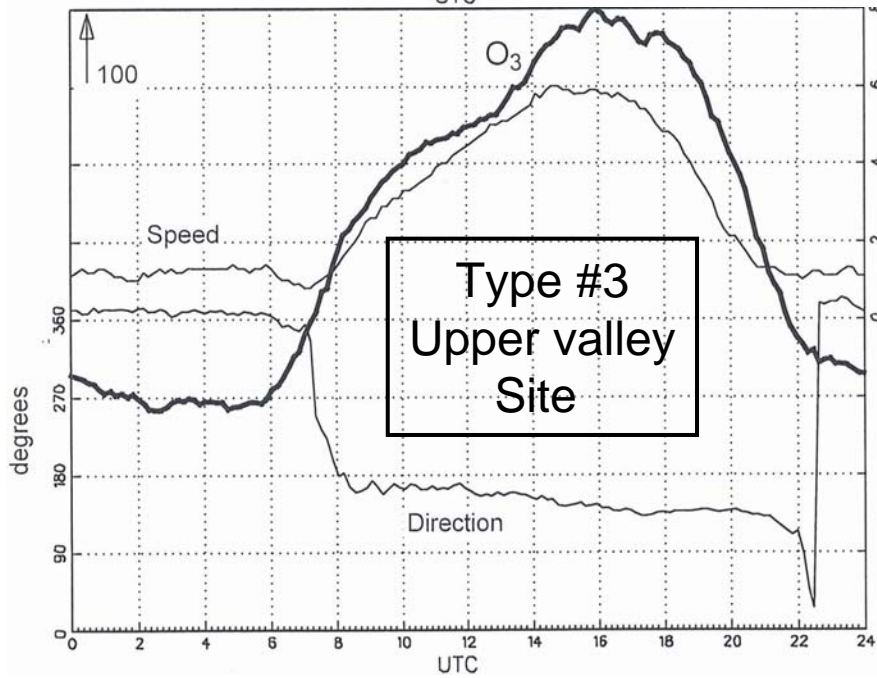
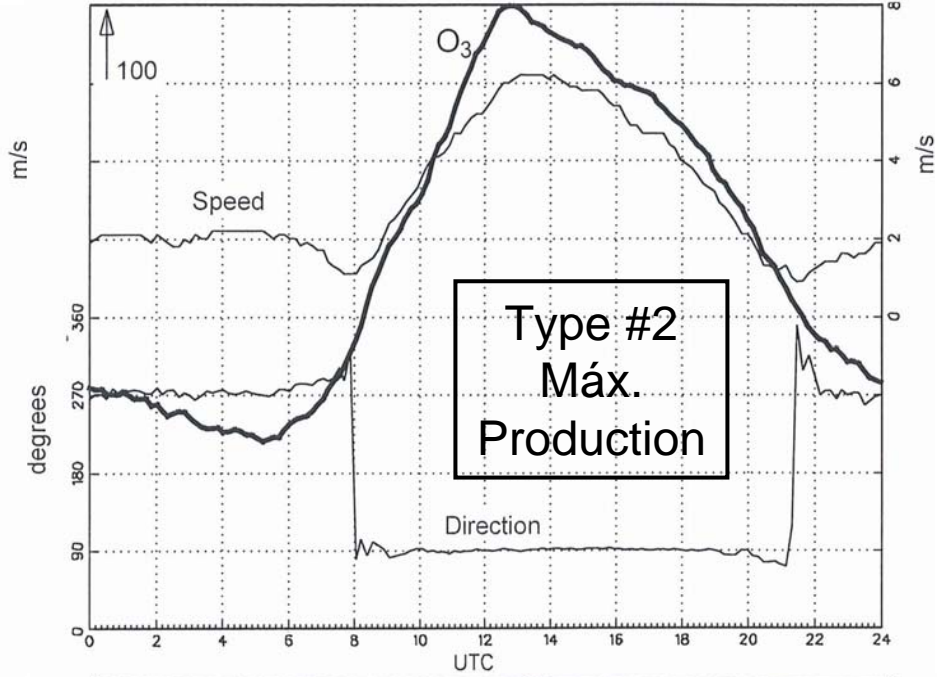
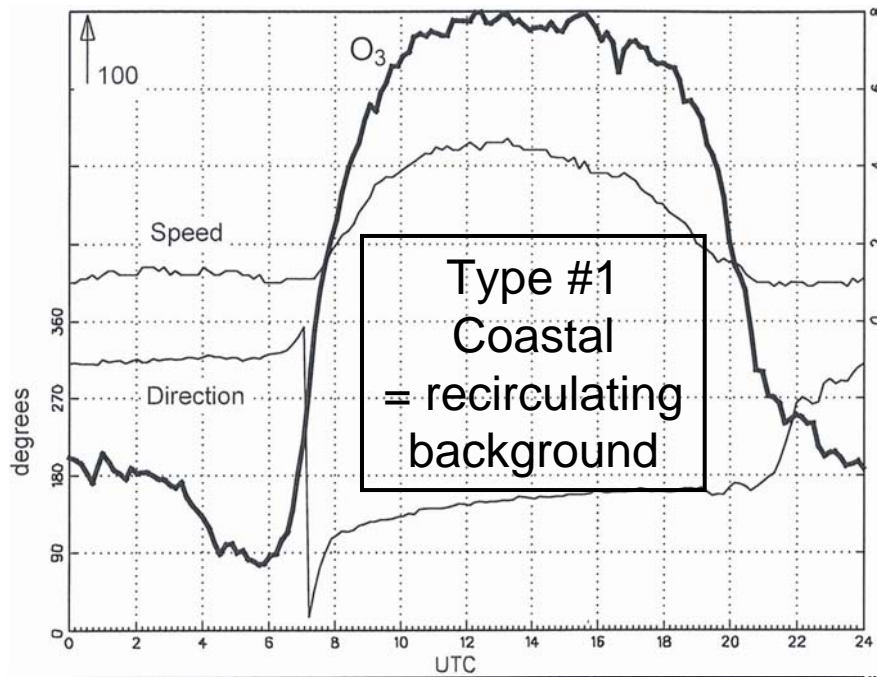
Meters:



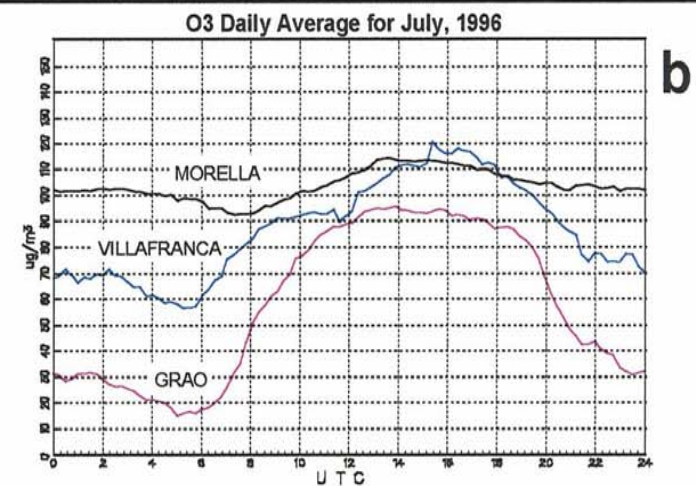
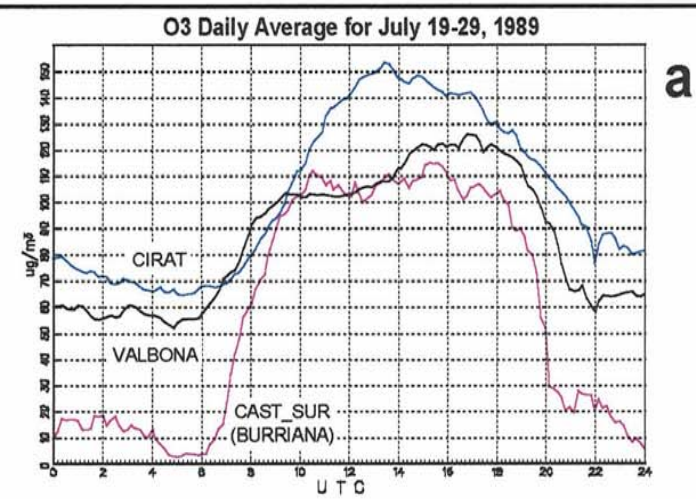
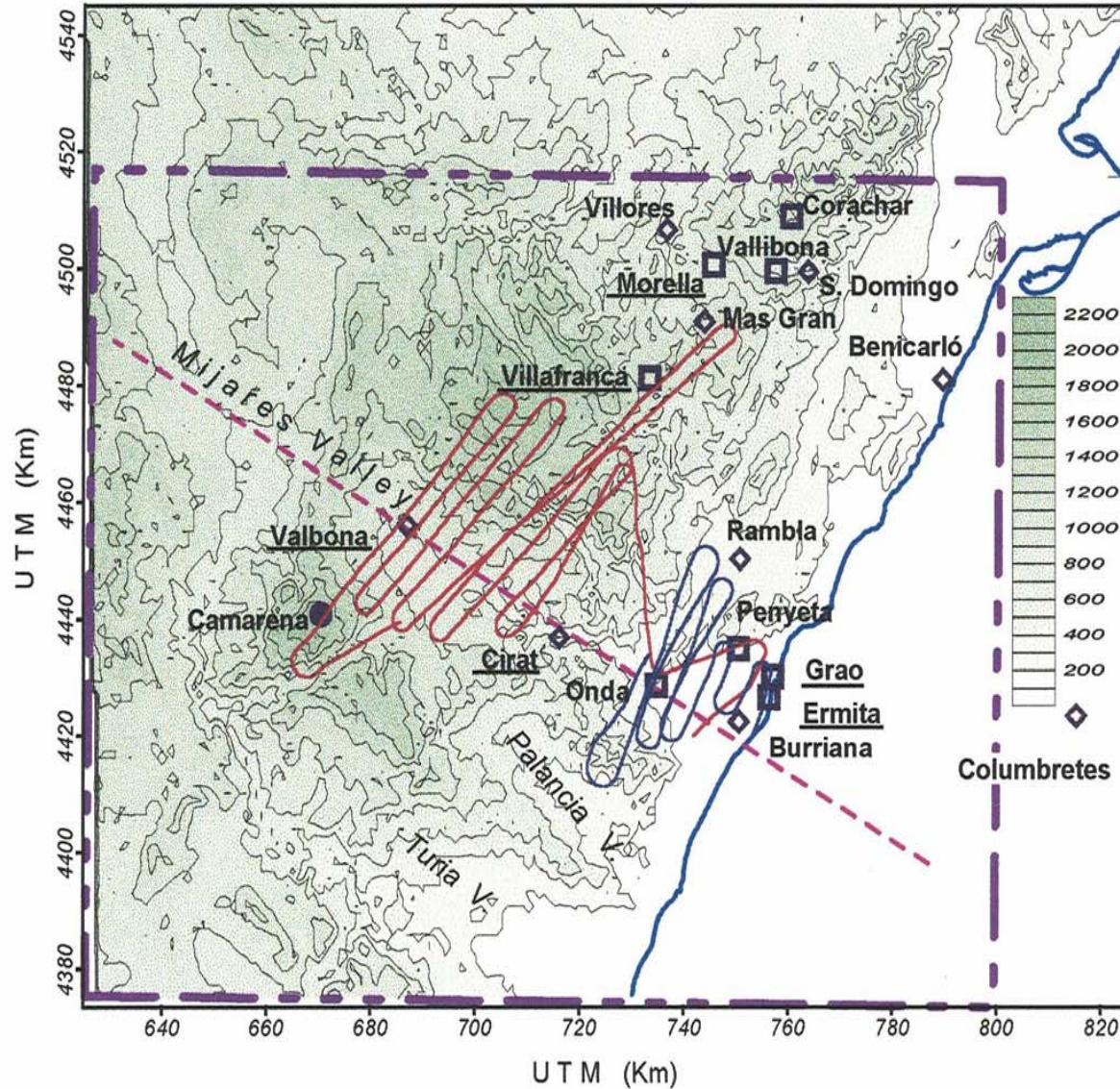
La línea negra muestra la Divisoria Continental de Aguas Europea (DCAE) sobre un mapa de alturas codificado por colores. Figura original del JRC de la CE, adaptado por Dr. Javier G.P. Gamarra. La DCAE divide la Europa advectiva de la Europa convectiva que muestra la 3ª figura. Si se consultan las diapositivas anteriores, se puede ver que las cimas que definen la DCAE es donde se registran los valores más altos de ozono en verano. Existe una divisoria secundaria sobre Italia, a lo largo de los Apeninos, donde se registran las concentraciones más altas en la cuenca mediterránea en verano.



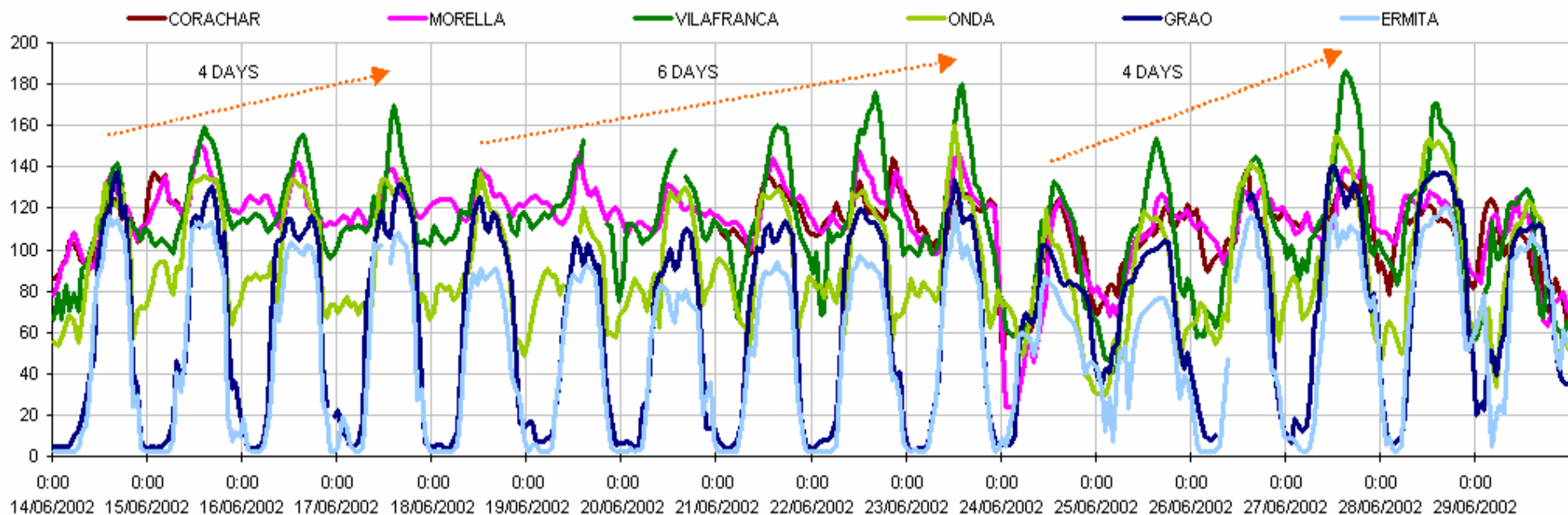




Tipología de ciclos diurnos de ozono en áreas de terreno complejo costero en verano (JAM)



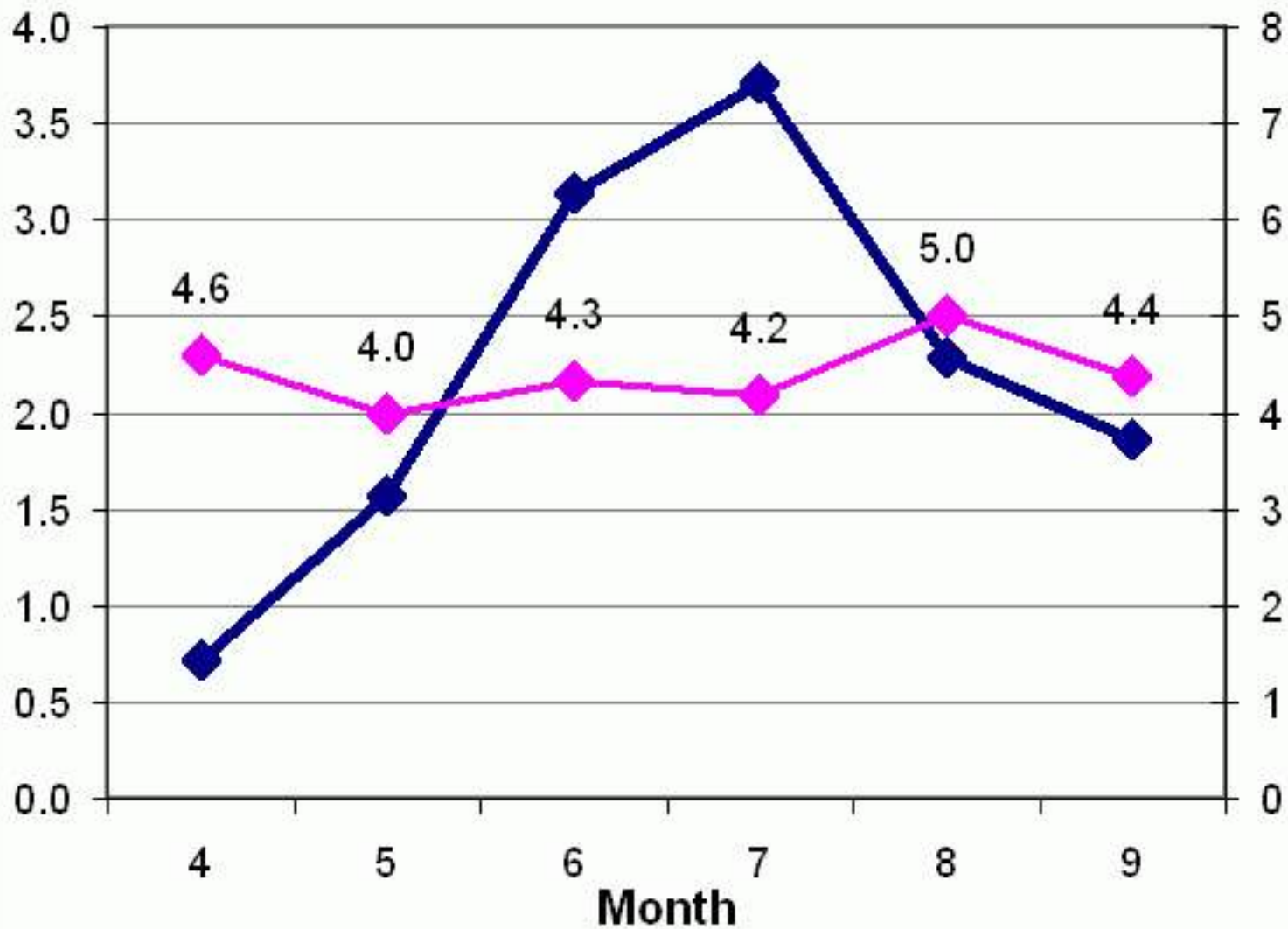
Dos ejemplos de la tipología de ciclos diarios de ozono en relación a los vuelos en abanico sobre Castellón, y a los emplazamientos de las estaciones de medida.



Ejemplo de ciclos de acumulación de ozono en las estaciones de la Comunidad Valenciana en verano. La estadística de los ciclos de acumulación se muestra en la Figura siguiente.

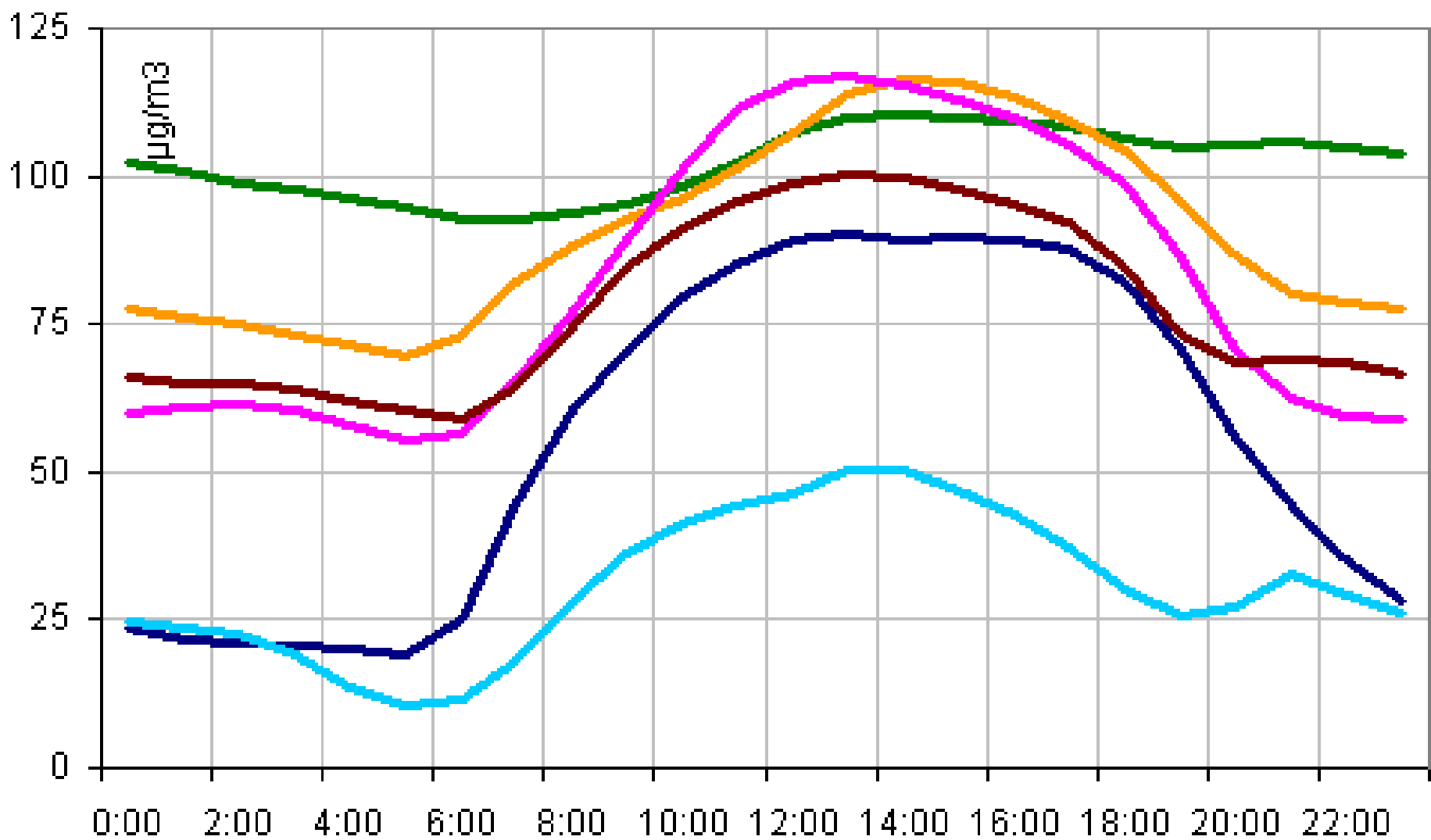
Cycles Distribution by Month (1997-2003)

—◆— Nº CYCLES / MONTH —◆— DURATION



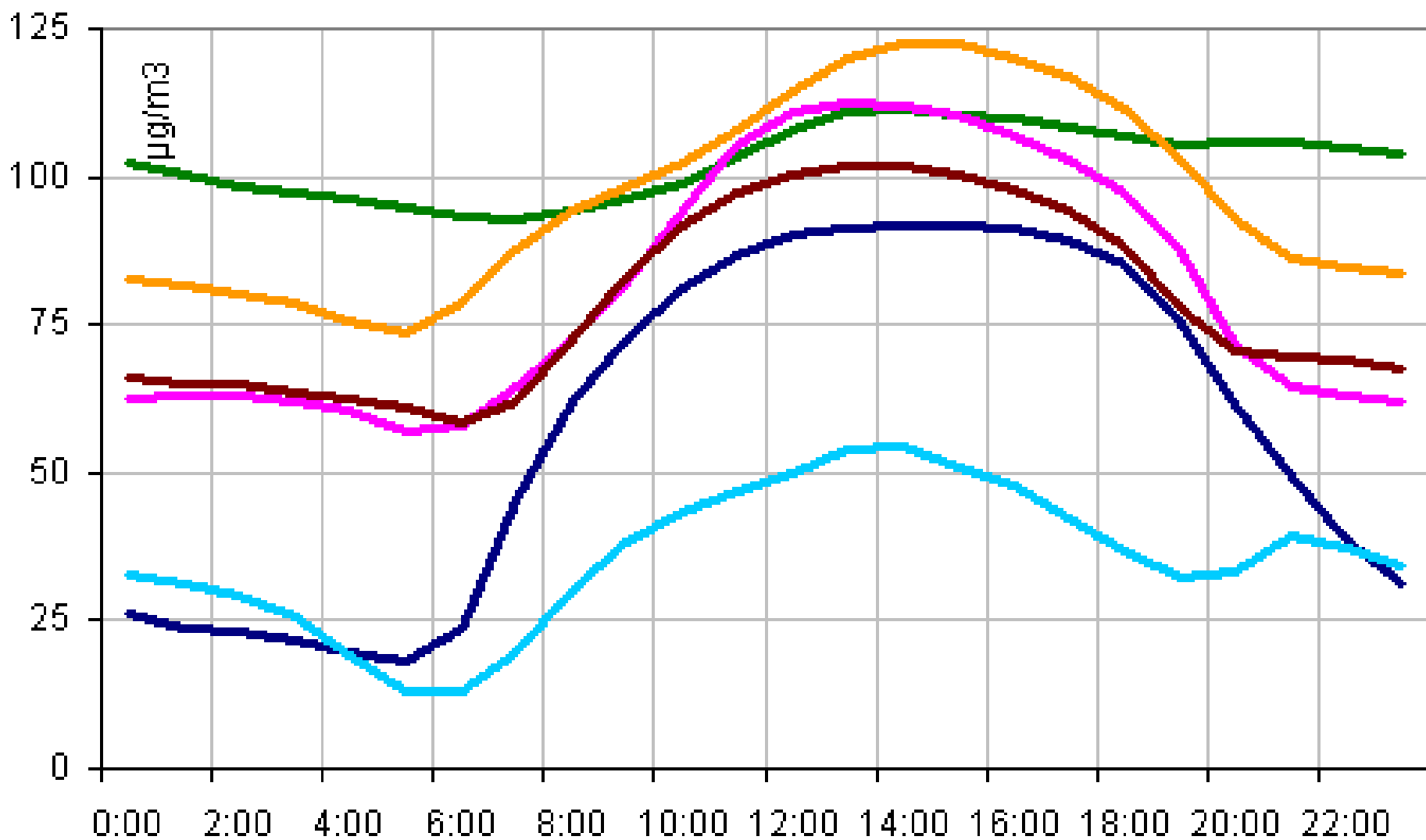
Ciclo Diario Promedio O₃ Junio-Agosto 1997-2002

CORA VILA ONDA PENY GRAO ARAG

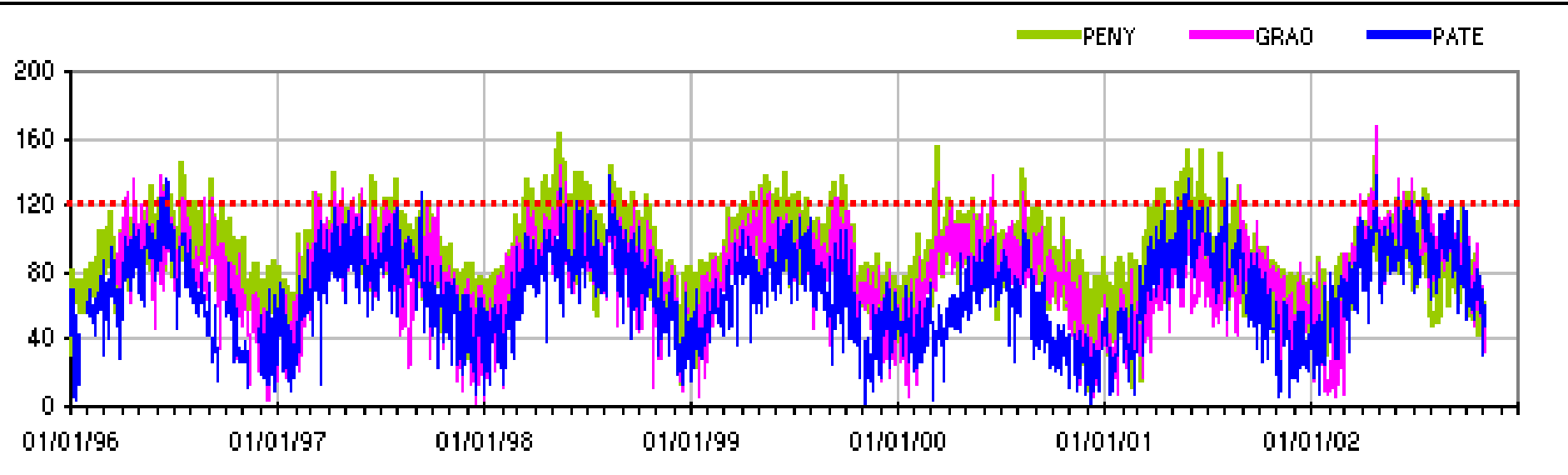
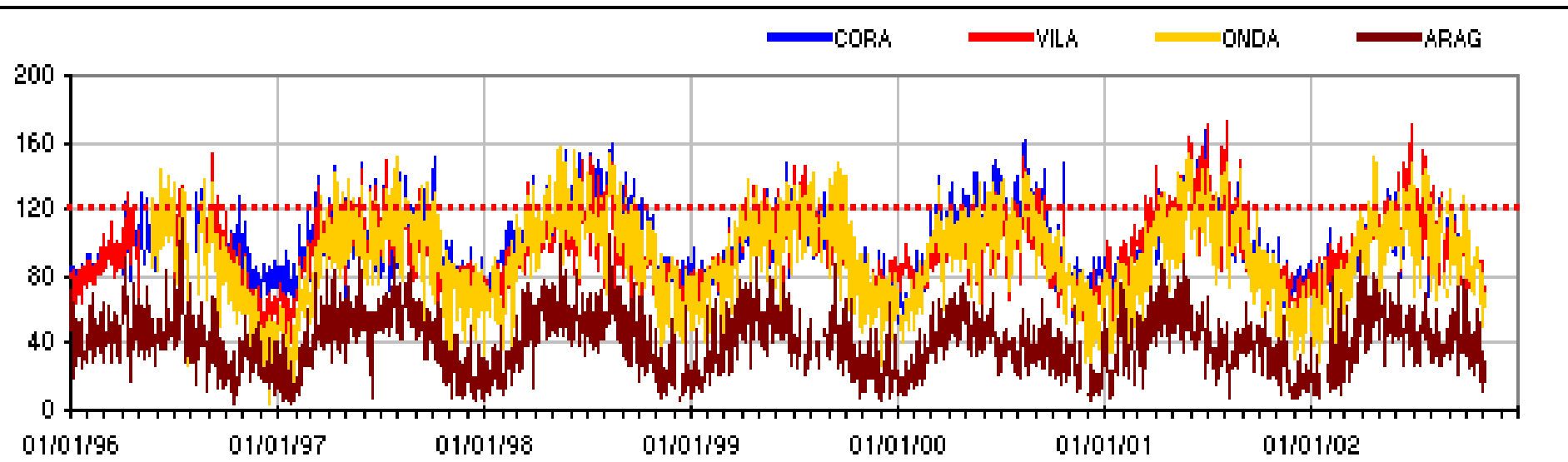


Ciclo Diario Promedio O₃ Junio-Agosto 2001-2006

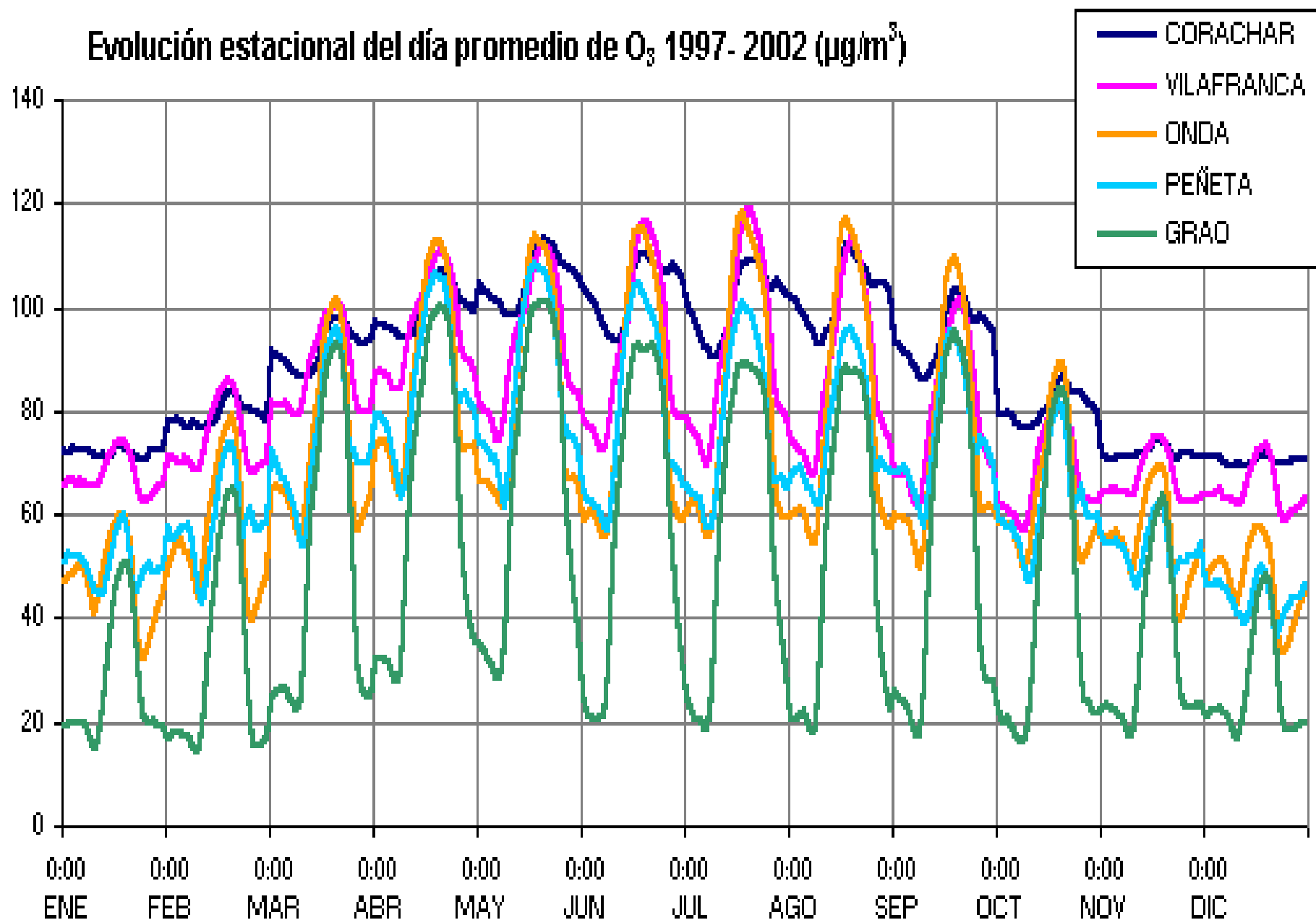
CORA VILA ONDA PENY GRAO ARAG



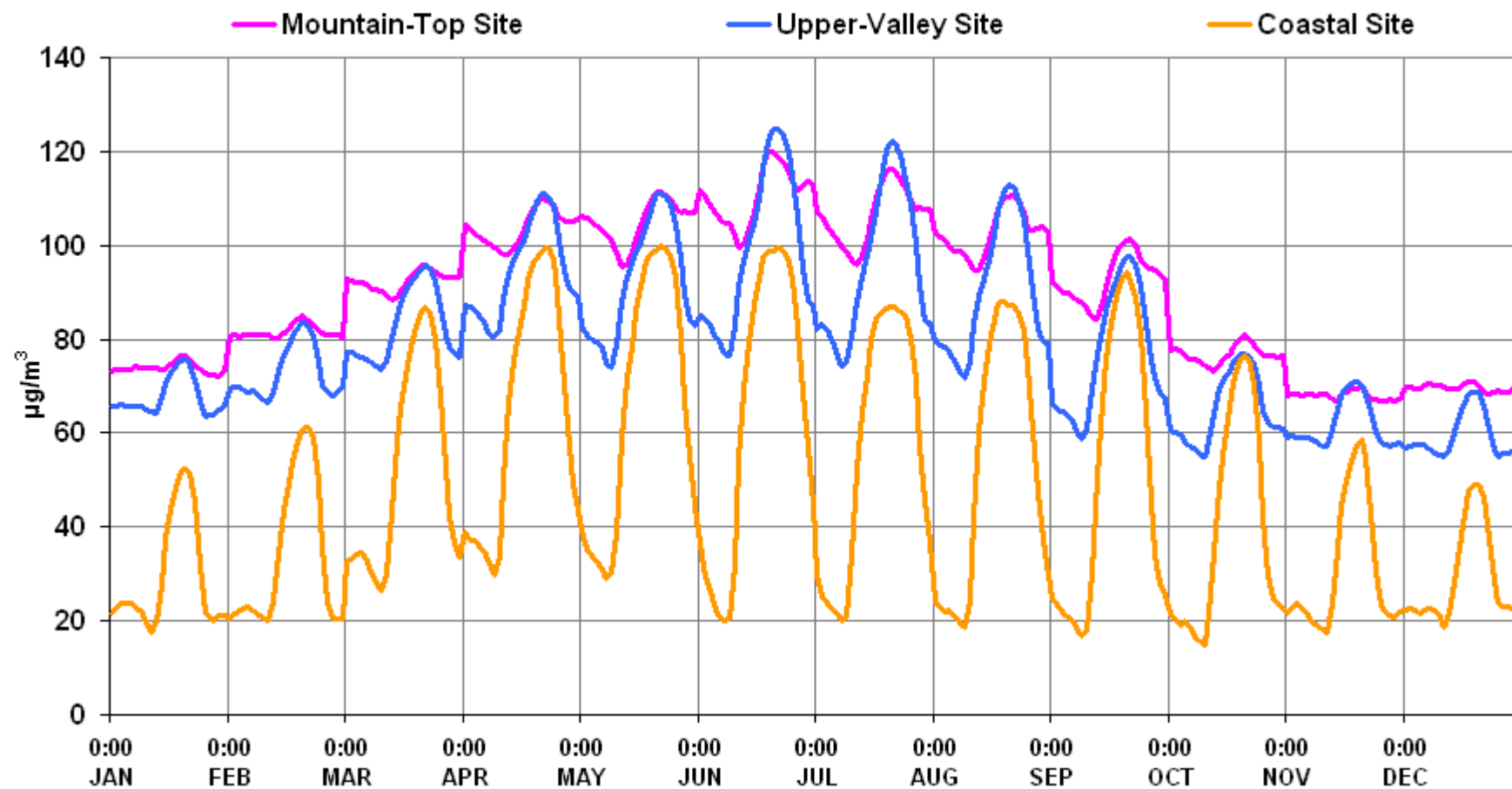
Air pollution effects (photo-oxidants)



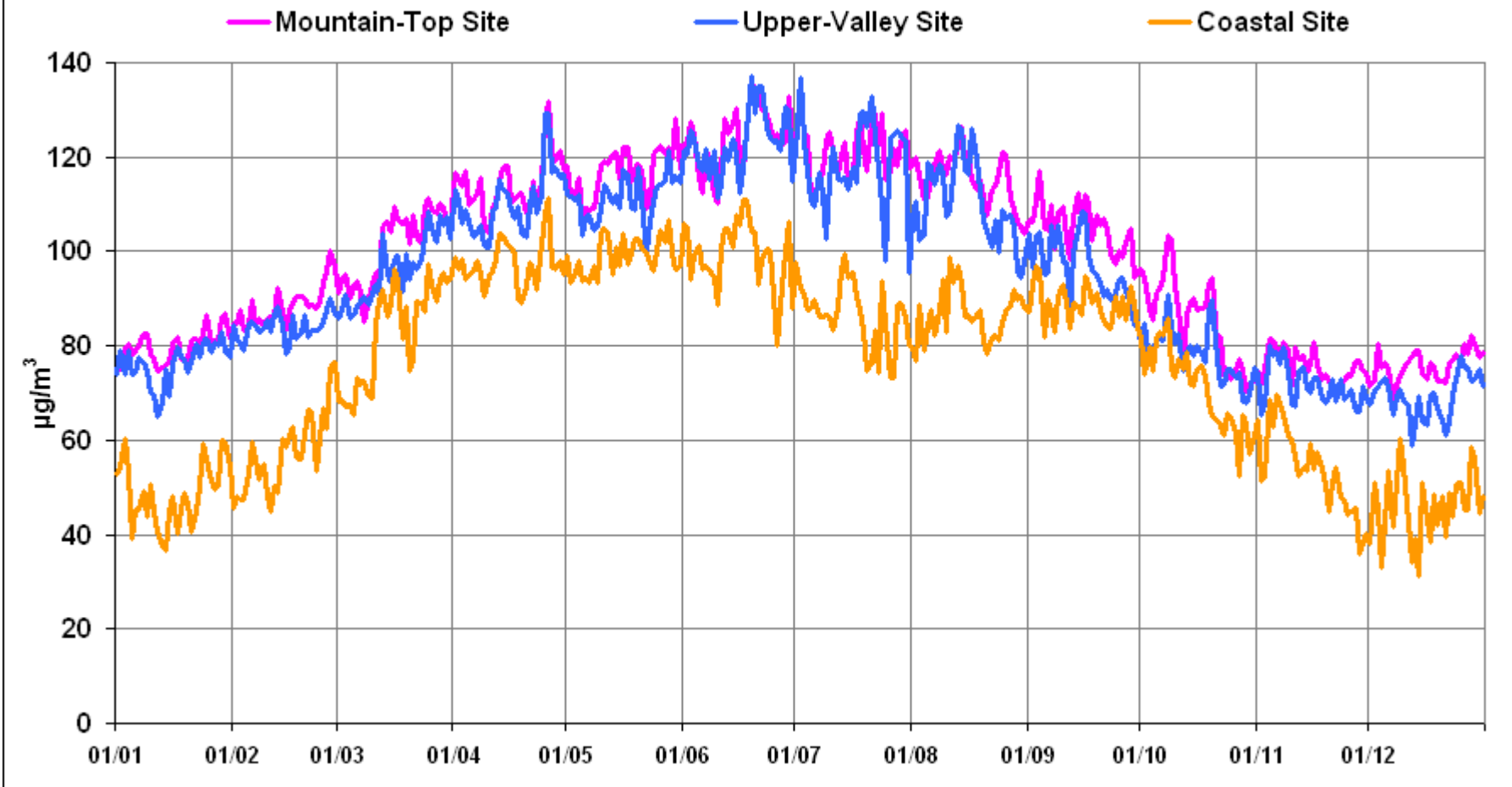
Evolución estacional del día promedio de O₃ 1997- 2002 (µg/m³)



Monthly Averaged Diurnal Cycles for O₃ (2000-2006)



7-Year Averaged Daily 8h-Max for O₃ (2000-2006)



La diferencia entre el ozono que entra por la costa, y los máximos que llegan a las cimas de la Divisoria Continental Europea, es lo que generan las emisiones de NO_x en la costa. Estos datos muestran que, a menos que se controlen las emisiones de NO_x en todas las costas que circundan la Cuenca Occidental, en el área mediterránea queda poco margen de actuación local para controlar los episodios de ozono. Esto ya se conocía cuando se preparaba la Decisión 2004/279/EC. El control regional directo con protocolos consensuados, en ciertas épocas del año p.ej., AMJJA; es lo que perseguía la Comisión Europea a principios del 2000, pero no llegó a término en esa ocasión.

EL OZONO TROPOSFÉRICO EN EL SUR DE EUROPA: ASPECTOS DINÁMICOS DOCUMENTADOS EN PROYECTOS EUROPEOS

(Versión Actualizada, 2009)

Documento adjunto al informe del contrato
“ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR OZONO
TROPOSFÉRICO EN ESPAÑA”

Toda esta información y más detalles se pueden consultar en este informe publicado en
la web del Ministerio