

MEMORIAL MILLÁN MILLÁN: UNA TRAYECTORIA SINGULAR EN LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL ATMOSFÉRICA (II)

Etapla Madrileña: CIEMAT 1986-1991

Valencia, 12 Septiembre 2024

Manuel Pujadas
Departamento de Medio Ambiente, CIEMAT

“El legado intangible de M³ en CIEMAT. La historia continúa ...”

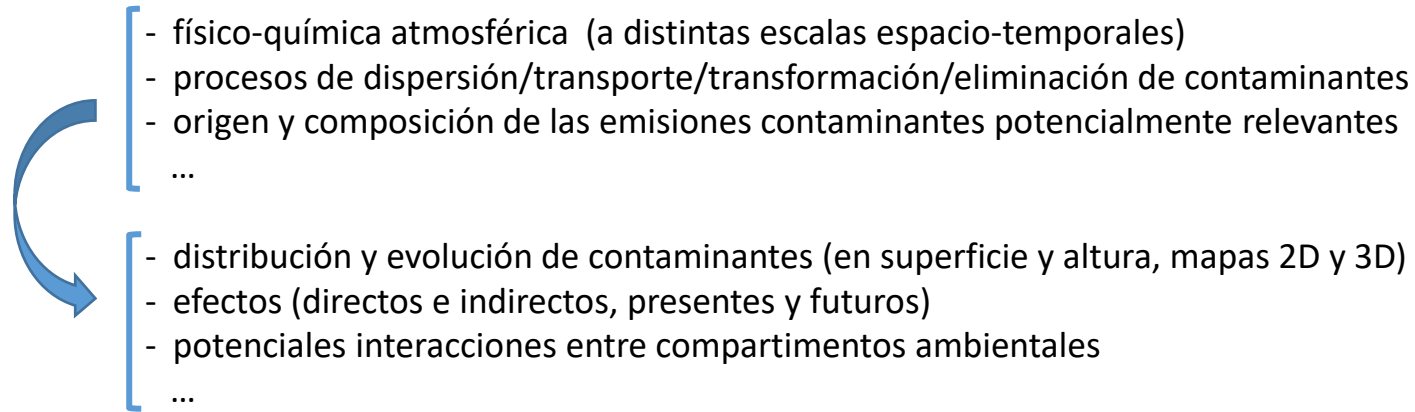
Manuel Pujadas

Departamento de Medio Ambiente - CIEMAT



Método M³ para alcanzar la excelencia en la investigación atmosférica

- **Amplio conocimiento, visión de conjunto y capacidad de observación**



- **Plan de trabajo (ambicioso)**

- 1) definición de objetivos científicamente interesantes (procesos físico-químicos, impactos ambientales, ...)
- 2) formulación de hipótesis iniciales (bien fundamentadas)
- 3) experimentación exhaustiva (campañas de medida: mapas sinópticos, fotos, globos, torres, remote sensing, medidas móviles y fijas, ...)
- 4) obtención de datos muy fiables y con máxima representatividad espacio-temporal
- 5) análisis e interpretación conjunta de resultados

- **Apuesta permanente por la innovación y la calidad**

- **Trabajo en equipo multidisciplinar**

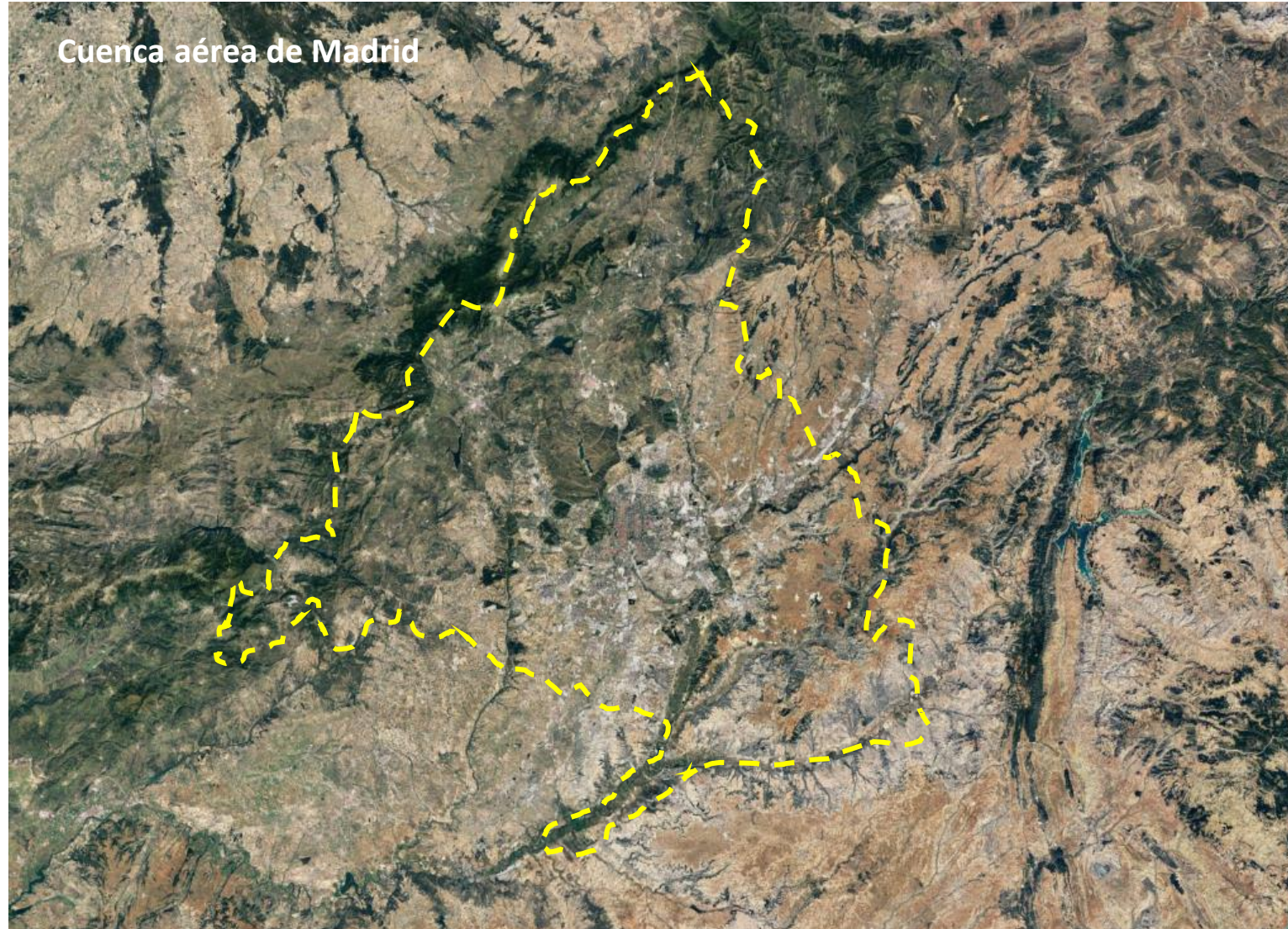
I+D con Millán (1986-1991) :

- Escala local-regional: problemas ambientales en entornos industriales
- Mesoescala: formación y recirculación de contaminantes (Península Ibérica, cuenca mediterránea)
- Novedades:
 - detección remota de contaminantes (SO₂) en escenarios industriales (COSPEC)
 - sondeos meteorológicos (cautivos y libres)
 - medidas atmosféricas con avión instrumentado (FHG-IFU)
 - validación de modelos de dispersión y transporte atmosférico
 - ...

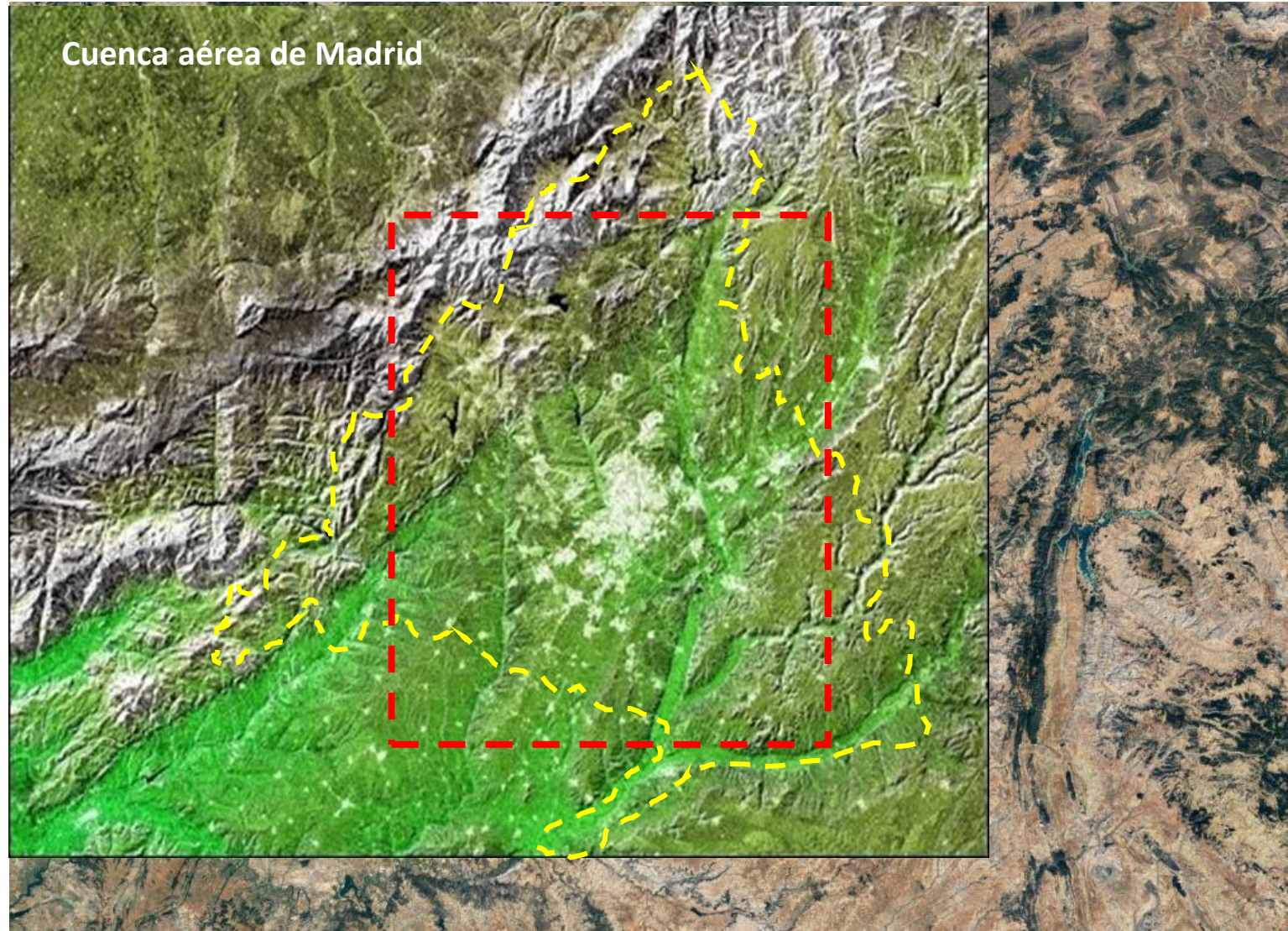
I+D post Millán (1992 -) :

- Circulaciones regionales y evolución de la capa de mezcla
- Contaminación fotoquímica en la cuenca aérea de Madrid
- Calidad del aire en áreas urbanas y zonas de influencia
- Procesos de emisión de contaminantes (antropogénicos y biogénicos)
- Modelización de la contaminación atmosférica a distintas escalas
- Flujos mesoescalares y sinópticos y su relación con el cambio climático
- ...

Formación y transporte de contaminantes fotoquímicos (NO₂ y O₃) en la cuenca aérea Madrid en condiciones episódicas



Formación y transporte de contaminantes fotoquímicos (NO_2 y O_3) en la cuenca aérea Madrid en condiciones episódicas

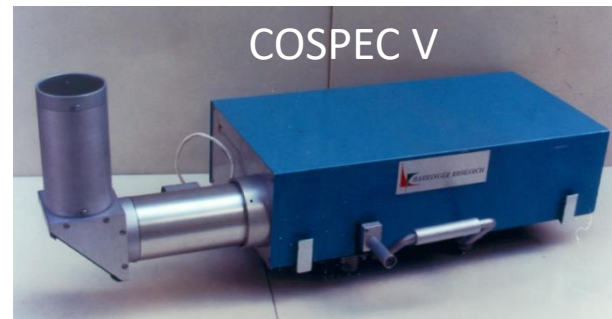
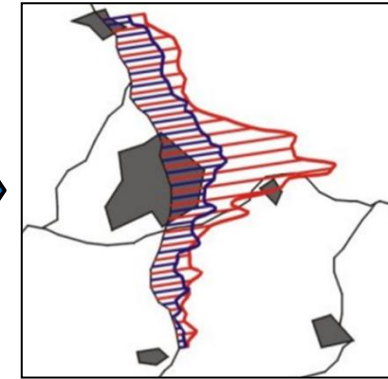
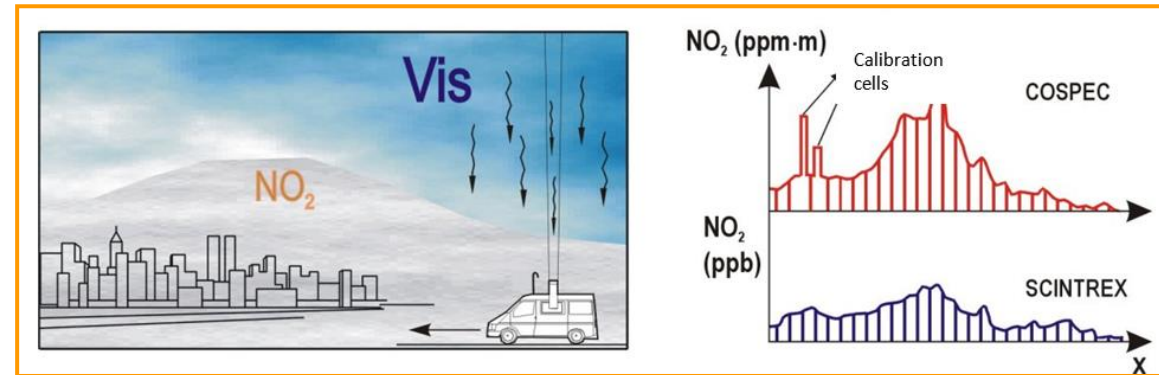
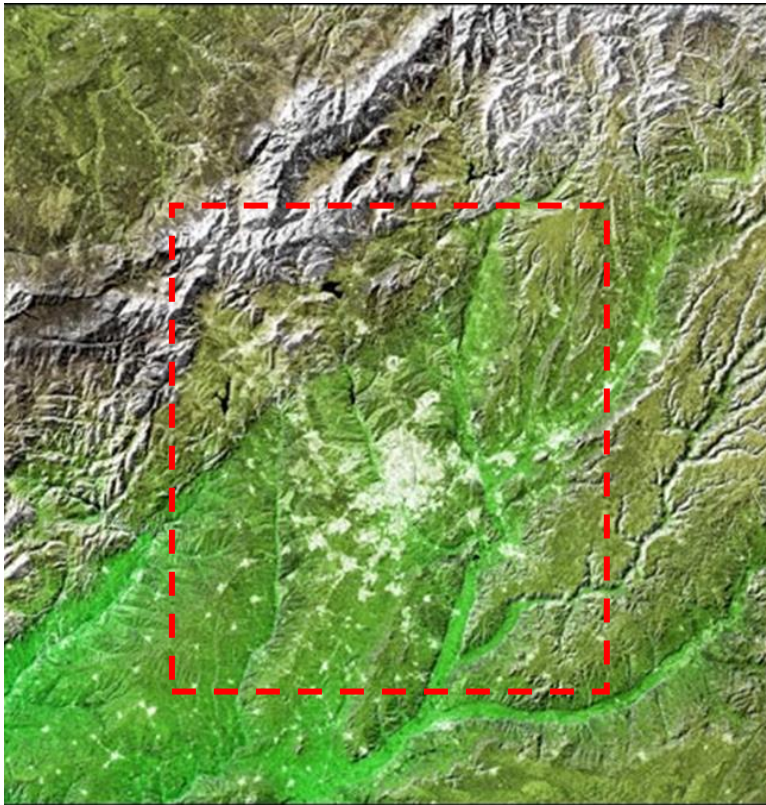


Formación y transporte de contaminantes fotoquímicos (NO_2 y O_3) en la cuenca aérea Madrid en condiciones episódicas

METODOLOGÍA:

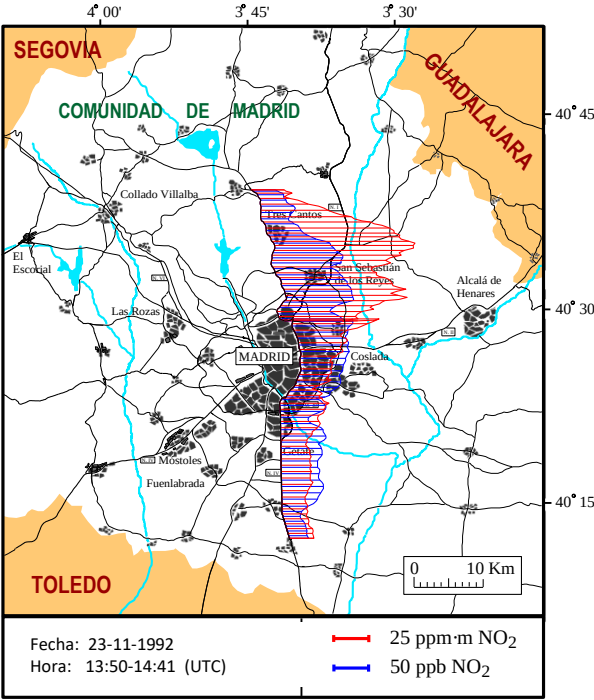
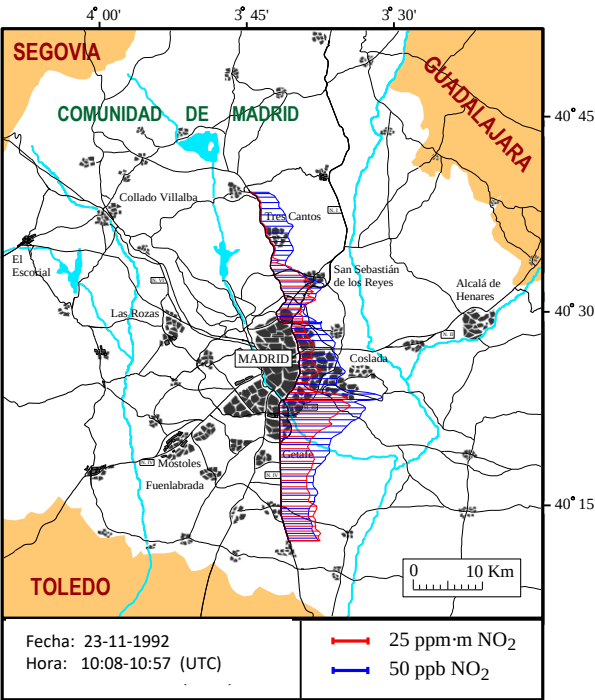
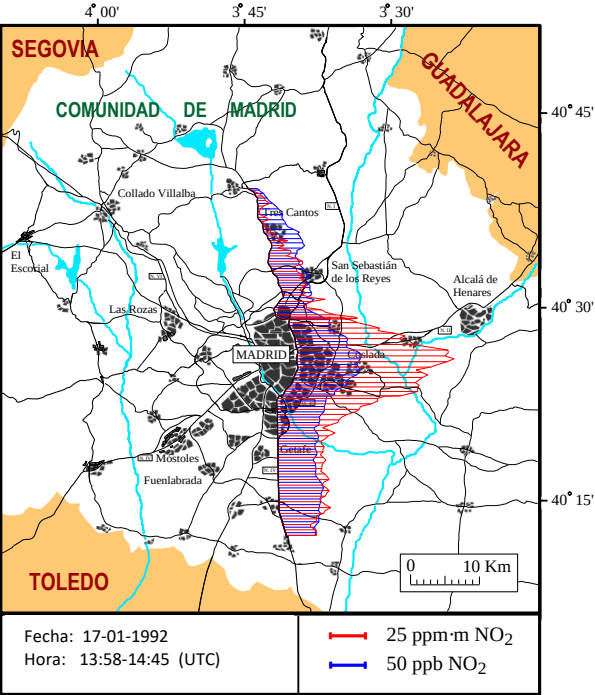
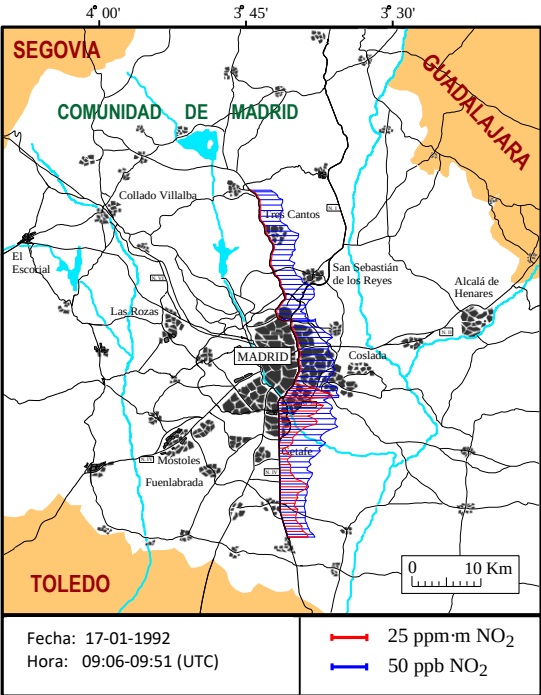
1º) Caracterización dinámica del penacho de NO_2 (aplicación novedosa del COSPEC V)

Cuenca aérea de Madrid

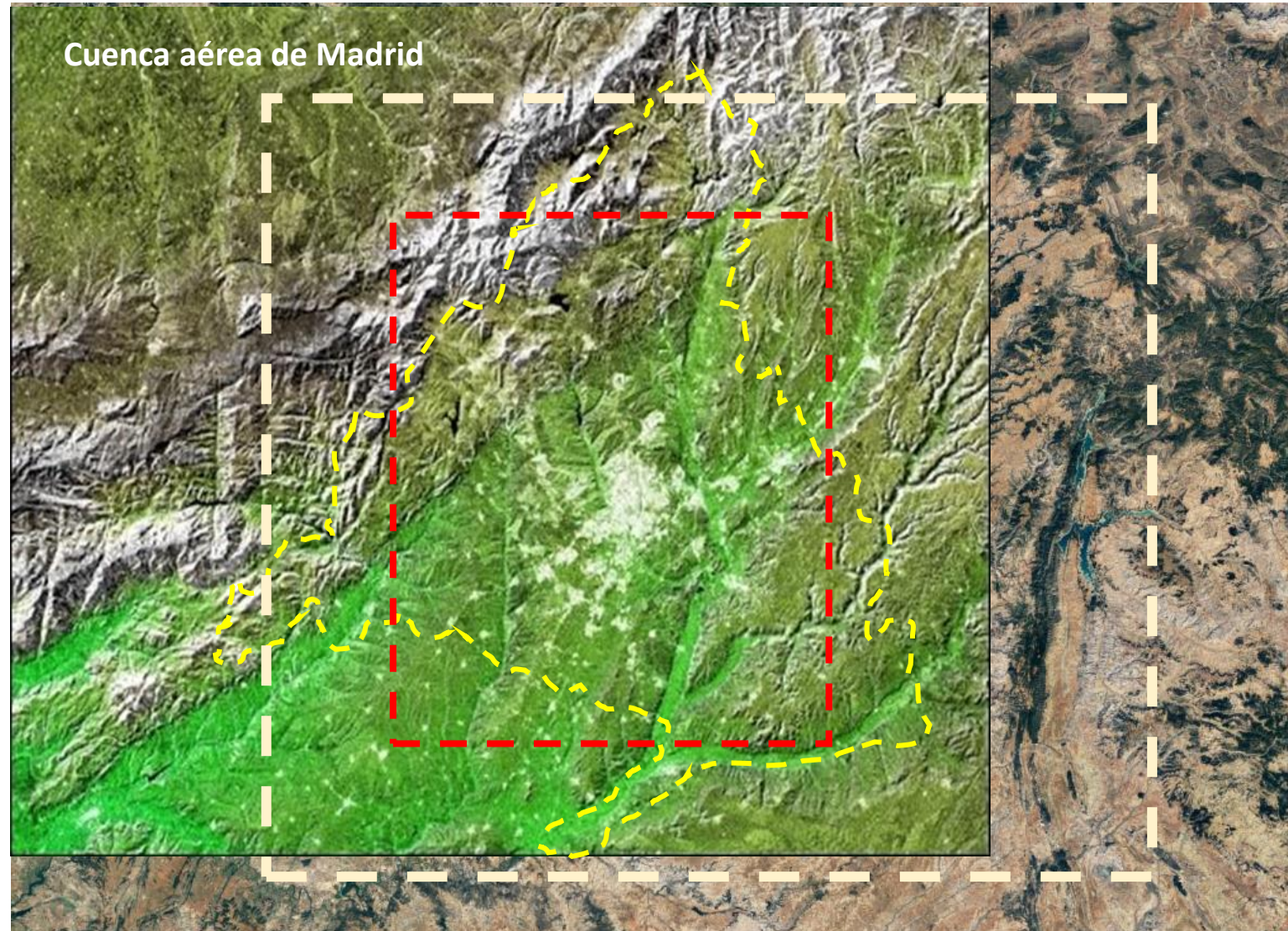


2º) Monitorización distribuida de NO_2 y O_3 (estaciones fijas/móviles y globos)

Formación y transporte de NO₂ en invierno

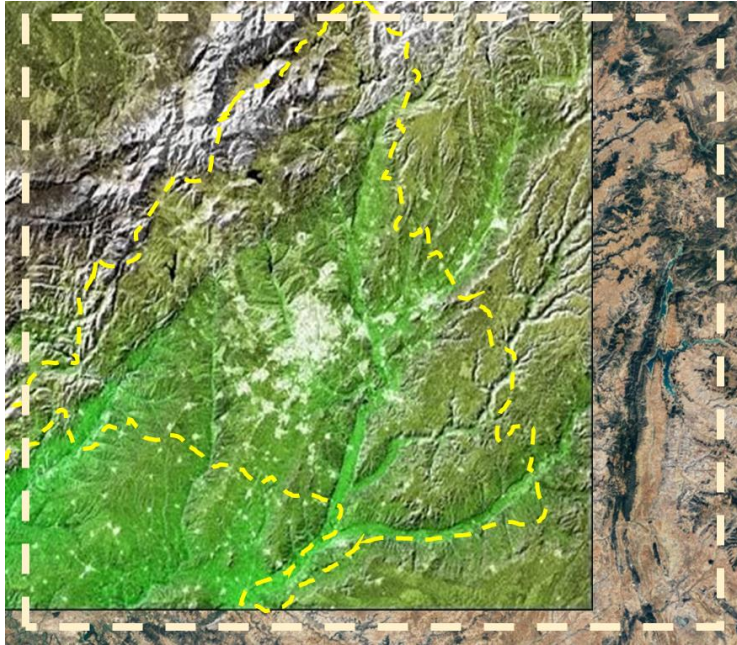


¡¡¡Necesidad de ampliar el área de medida accesible !!!



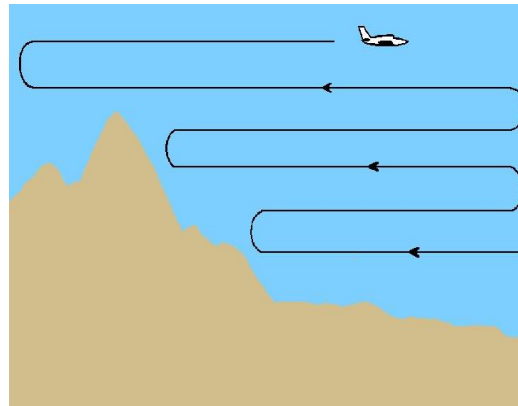
Formación y transporte de contaminantes fotoquímicos (NO_2 y O_3) en la cuenca aérea Madrid en condiciones episódicas

Cuenca aérea de Madrid

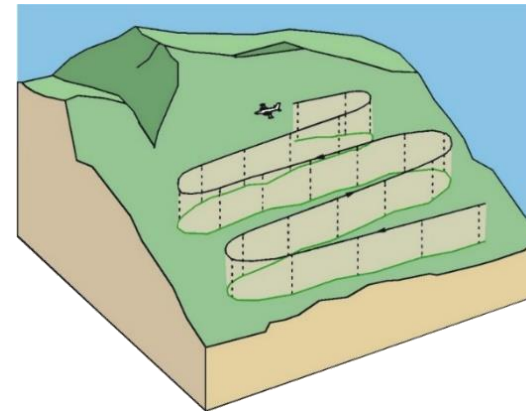


METODOLOGÍA:

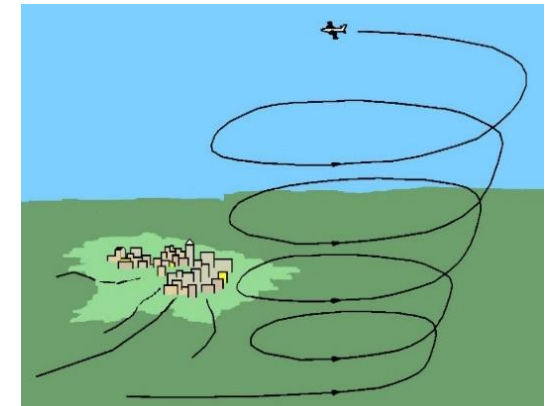
- 1º) Remote Sensing (COSPEC V en modo NO_2 operando en áreas urbanas en invierno)
- 2º) Monitorización distribuida de NO_2 y O_3 (estaciones fijas y móviles, globos)
- 3º) Medidas desde avión



Plano vertical (x z)



Plano horizontal (x y)



Perfil vertical

Desarrollo y aplicación de plataformas aeroportables

1.993



1^{er} avión: Pipper Turbo Arrow II

- Techo de vuelo con instrumentación embarcada: 5000 pies
- Parámetros: O_3 , NO_2 y T
- GPS



1.994



2^o avión : Pipper Aztec

- Techo de vuelo con instrumentación de medida embarcada: 9000 pies
- Parámetros: O_3 , NO_2 y T
- GPS



3^{er} avión : Pipper Aztec

- Techo de vuelo con instrumentación de medida embarcada: 9000 pies
- Parámetros: O_3 , NO_2 y T
- GPS

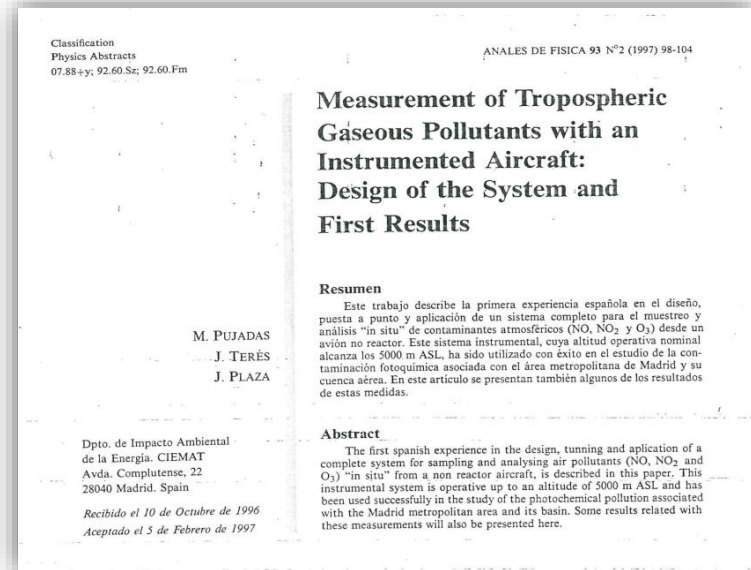
Desarrollo y aplicación de plataformas aeroportables

1.995 - 1996



4º avión: CESSNA 402 B

- Techo de vuelo con instrumentación: 15000 pies
- Parámetros: O_3 , NO, NO_2 , P y T
- GPS



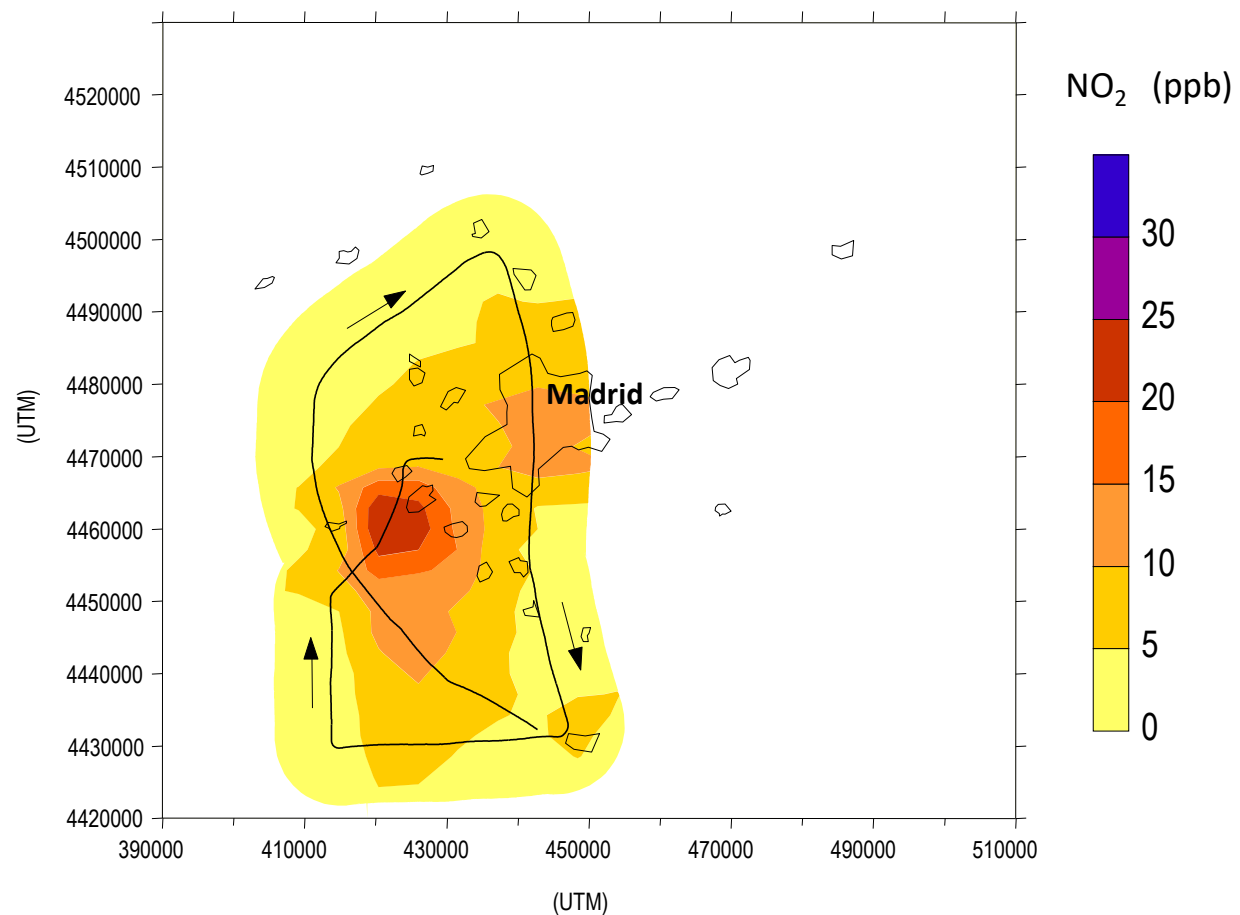
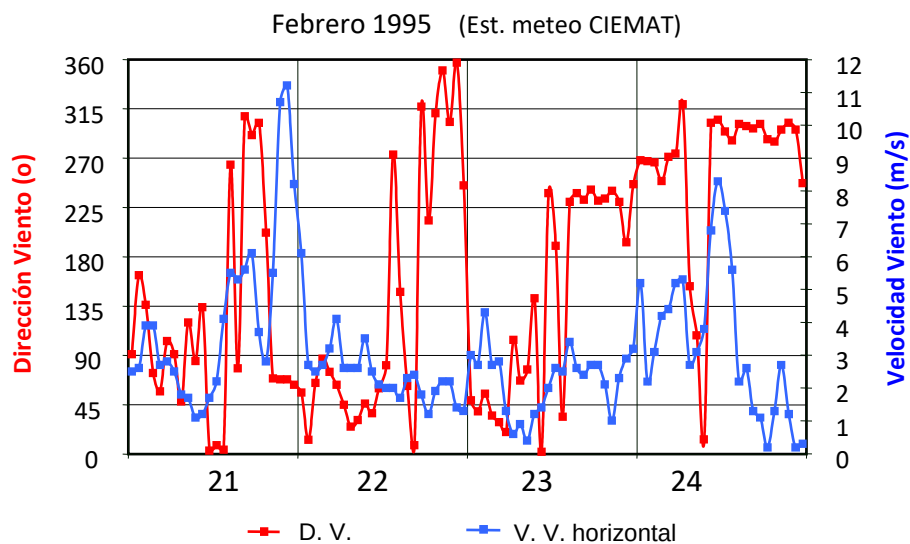
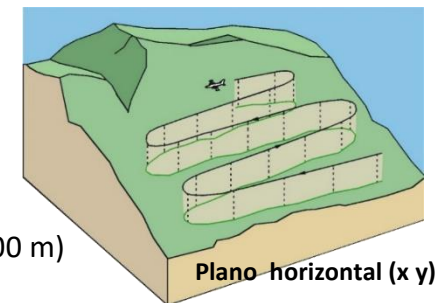
Formación y transporte de NO_2 en invierno

Flight : 220295-1

Date: 22-02-1995

Time : 10:08:06 -11:04:10 (UTC)

Mode : Horizontal plane (height above ground aprox. 300 m)



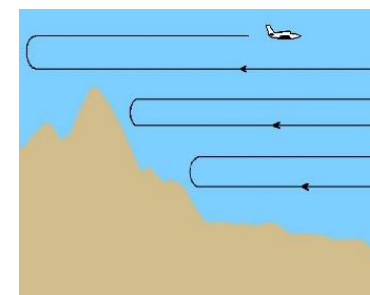
Formación y transporte de NO₂ en invierno

Flight : 220295-2

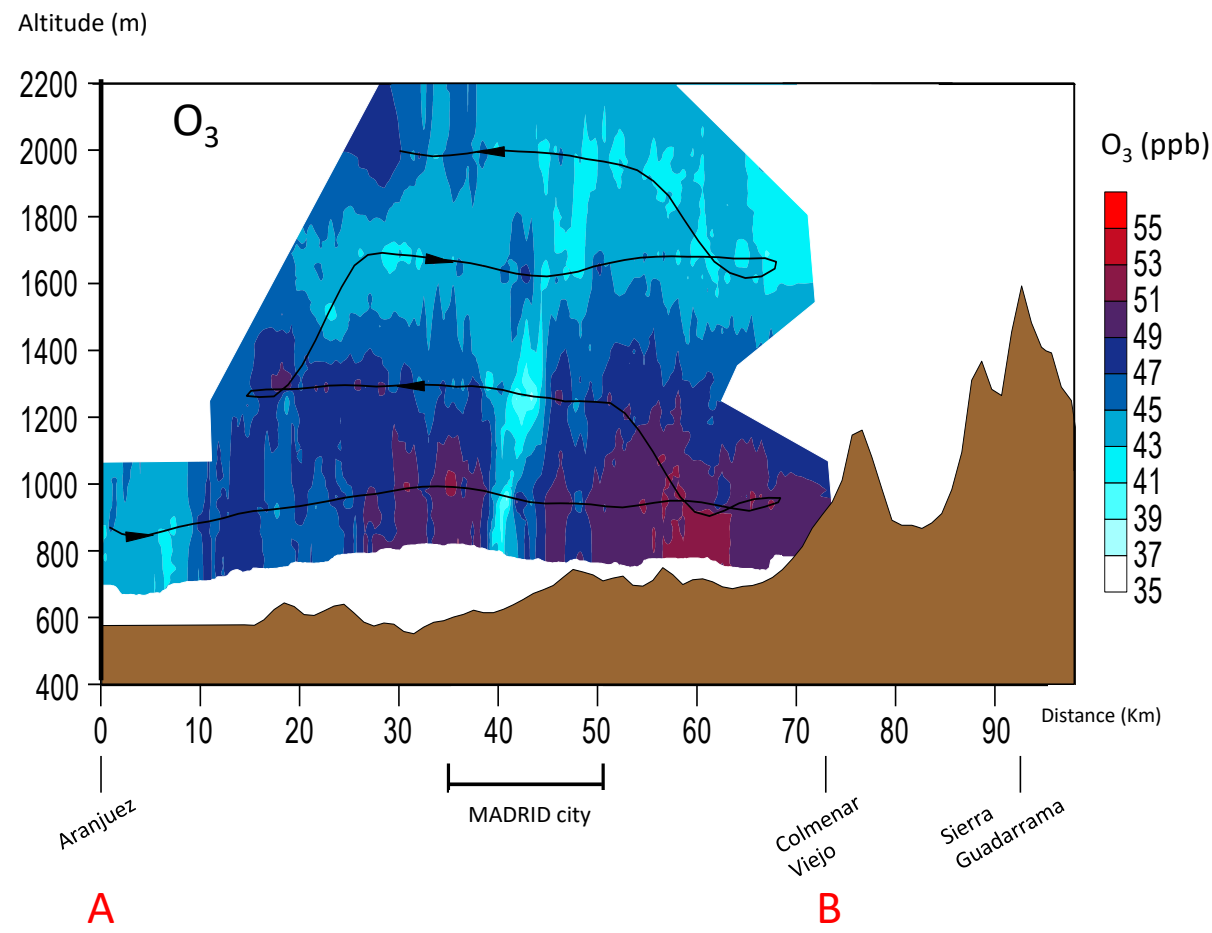
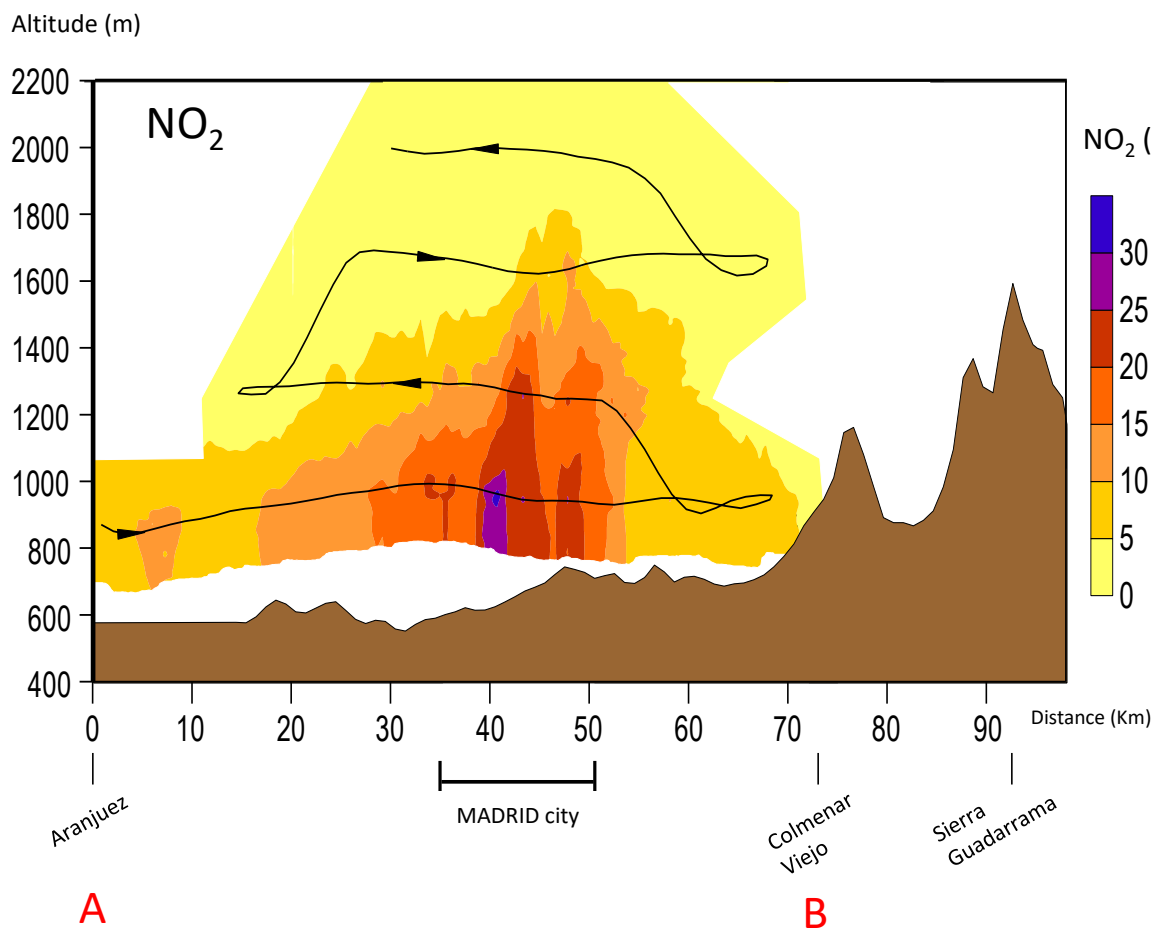
Date: 22-02-1995

Time : 15:23:02 - 16:10:04 (UTC)

Mode : Vertical plane



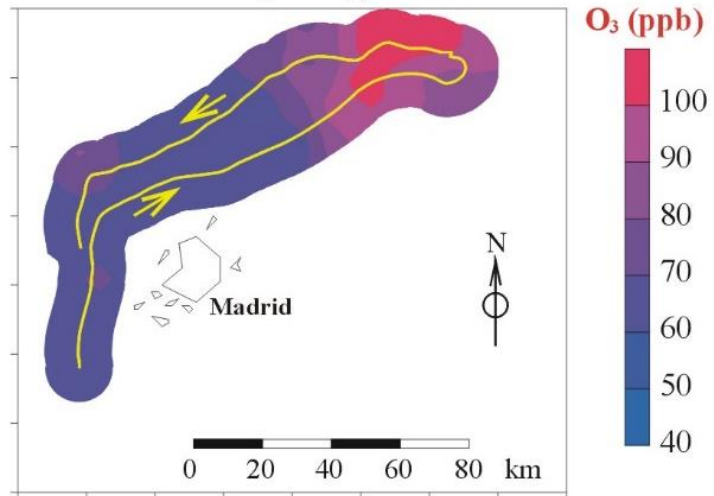
Plano vertical (x z)



Formación y transporte de O_3 en verano (distribución horizontal y vertical)

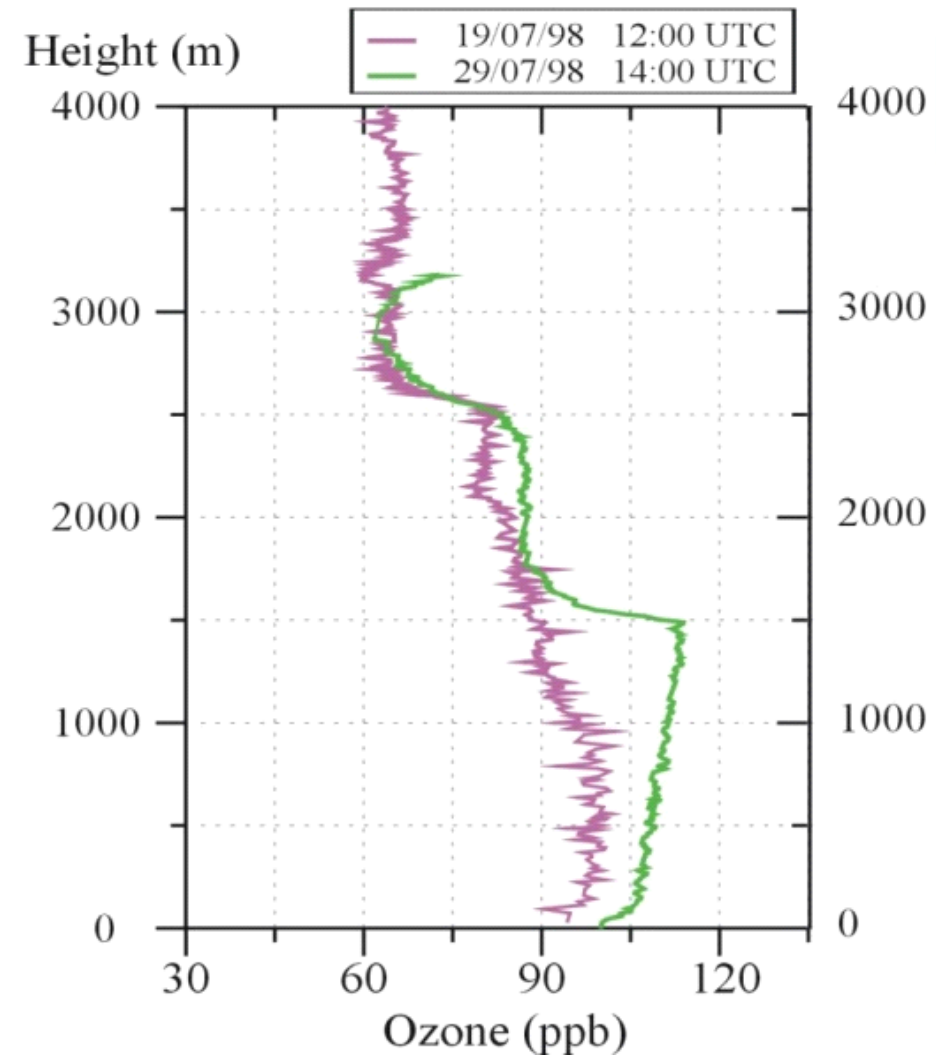
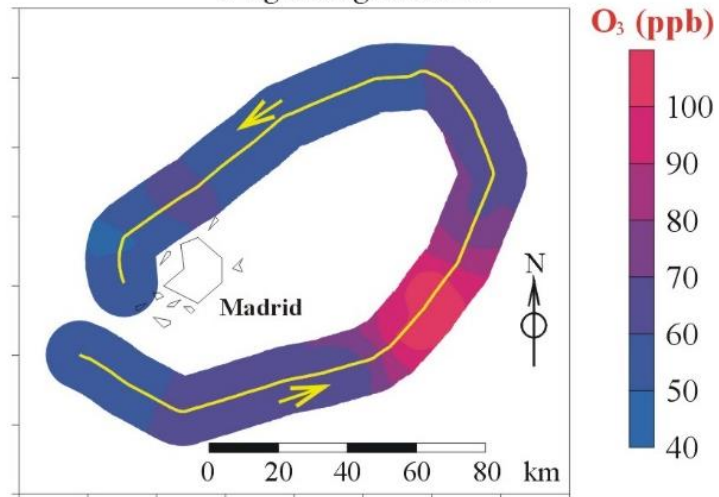
July 14, 1995 15:58 - 17:11(UTC)

Flight height: 800 m

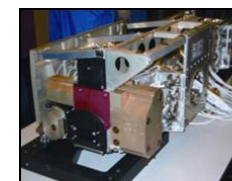


July 15, 1995 16:29 - 17:41(UTC)

Flight height: 800 m



El penacho urbano de Madrid desde el espacio



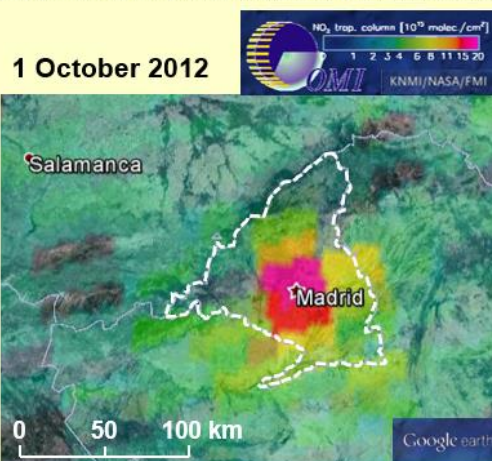
Instrumento OMI



Satélite AURA

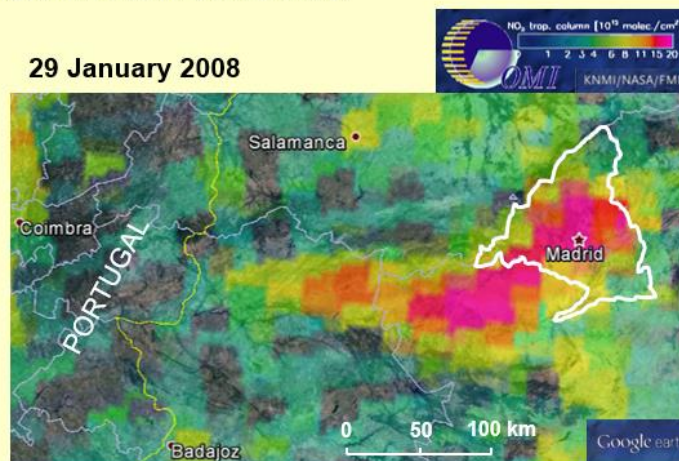
Tropospheric NO₂ vertical column density data: a) Urban plume; b) Evolution of the NO₂ real production

a) Instruments like SCIAMACHY and OMI, operating since 2004, opened the possibility to measure from space tropospheric NO₂ vertical columns, with sufficient spatial resolution to detect urban plumes of similar size to the Madrid's one. OMI, on board AURA satellite, has better resolution and shorter revisit time than SCIAMACHY, although in recent years has suffered a deterioration in performance, and provides very valuable data. The following pictures show three examples of it.



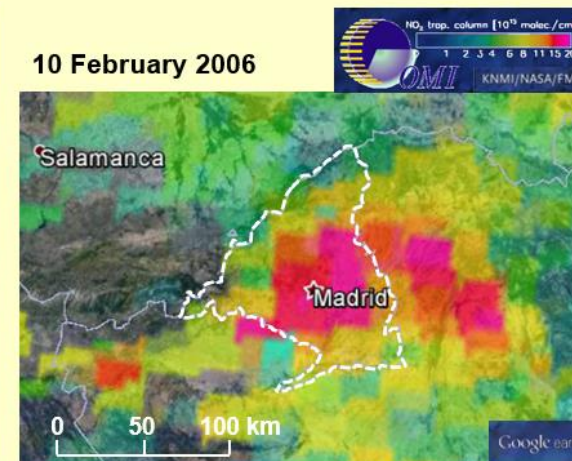
Case I : 1st day plume.

This picture shows a typical situation in the Madrid air basin. After an efficient ventilation during the previous days, a fresh NO₂ plume is generated in the area during the morning hours of the first day of stability. In this conditions the plume is centered over the metropolitan area but its limits clearly overpass its size.



Case II : 3rd day plume + typical regional advection .

Under stable conditions, the role of the orography in the Madrid region is a key factor. The regional flows generated in those scenarios facilitate the air basin ventilation avoiding the accumulation of pollutants over the metropolitan area in successive days. The heating-cooling cycle of the south face of the mountain range, located along the northern limit of the province, is the driving force for it. The rest of the region is essentially an open plateau with a slight slope NE-SW oriented. The diurnal local-regional flows spread the pollutants through the region but the nocturnal drain flow “pumps” the plume towards SW, the natural exist of the air basin. In the case of the figure the effect of this efficient nocturnal advection is shown after three days.



Case III : 5th day plume + perturbed advection .

During persistent winter episodes the urban pollutants are transported by the local and regional flows, unless the ambient conditions or a synoptic wind component modifies the typical regional circulation pattern (see Case II).

In the case presented in this picture, the dispersion of the plume, after four days of anticyclonic stability, was the result of a very weak nocturnal drains and a more efficient diurnal flows oriented towards the northeast part of the basin, producing an unusual general advection to the east.



In memoriam