

# **BASES CIENTÍFICO- TÉCNICAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA**

*OZONO TROPOSFÉRICO: ORIGEN  
NATURAL, ANTROPOGÉNICO Y  
TRANSFRONTERIZO*

**UIMP – Santander 20-21 de Julio de 2015**



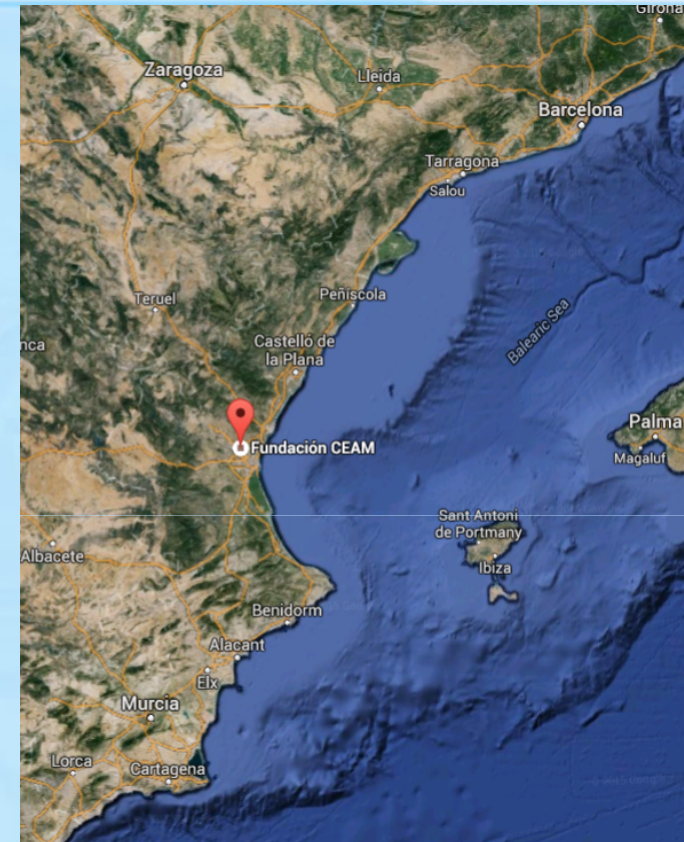
## *Instituto Universitario Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo*

Programa de

**METEOROLOGÍA Y  
CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA**

Área de

**METEOROLOGÍA Y  
DINÁMICA DE  
CONTAMINANTES**



Parque Tecnológico  
C/ Charles R. Darwin,  
14 46980 - PATERNA -  
VALENCIA - ESPAÑA  
TEL.: +34 961318227  
FAX.: +34 961318190



PRESENTACIÓN

1. Introducción

*OZONO TROPOSFÉRICO:  
ORIGEN NATURAL,  
ANTROPOGÉNICO Y  
TRANSFRONTERIZO*

*BASES CIENTÍFICO-TÉCNICAS  
PARA LA MEJORA DE LA  
CALIDAD DEL AIRE EN  
ESPAÑA*

- 1. Introducción.**
- 2. Química del ozono.**
- 3. Transporte atmosférico.**
- 4. Redes de vigilancia.**
- 5. Implicaciones en un plan de gestión.**



## JUSTIFICACIÓN

### 1. Introducción

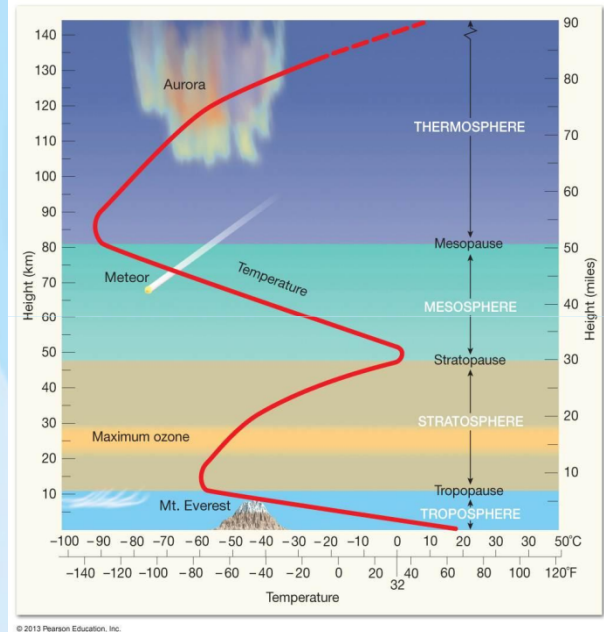
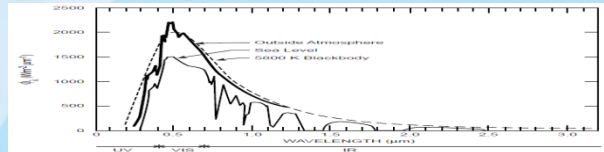
## OZONO TROPOSFÉRICO:

- clave de la química atmosférica;
- gas de efecto invernadero;
- dañino para animales y plantas (y bienes);
- contaminante secundario;
- contaminante legislado;
- superación de los niveles objetivo;

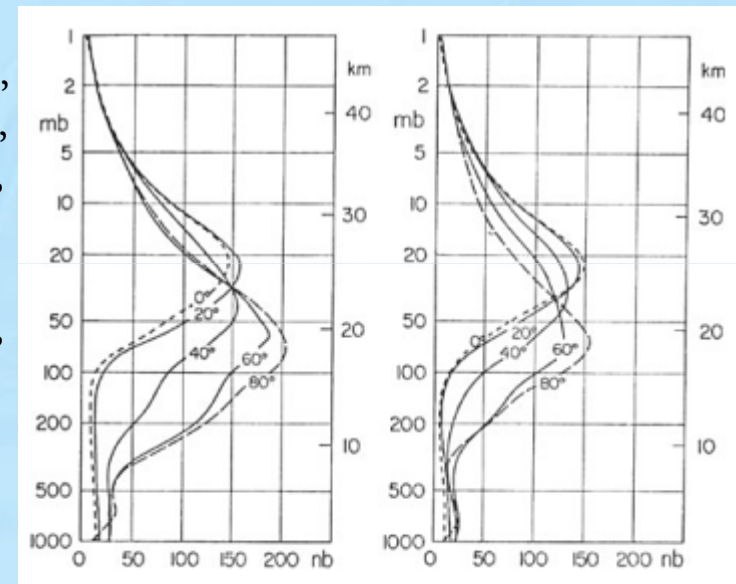


EL ORIGEN

2. Química del Ozono



$N_2$  (78.09%),  
 $O_2$  (20.95%),  
 $Ar$  (0.93),  
 $[CO_2, CH_4, H_2, N_2O, CH_3CL]$   
 ...  $H_2O$  (<4%)



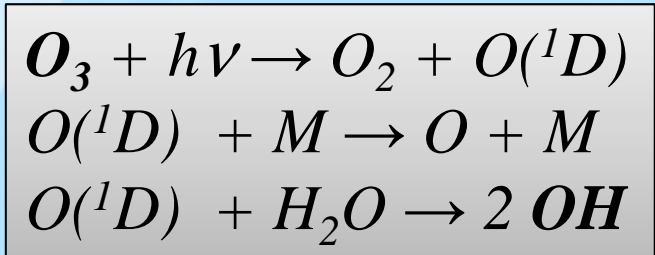
No contiene especies disociables ( $\lambda > 390 \text{ nm}$ ).

El ozono de fondo en la troposfera producto del transporte estratosférico ¿?

La oxidación directa por O,  $O_2$  y  $O_3$  despreciable.



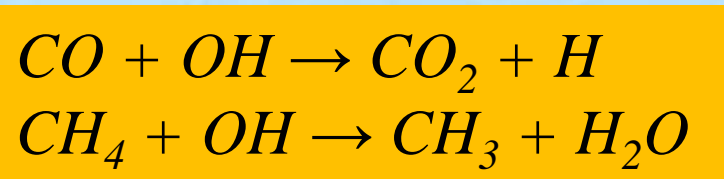
DESENCADENANDO LA QUÍMICA TROPOSFÉRICA 2. Química del Ozono



300-320 nm

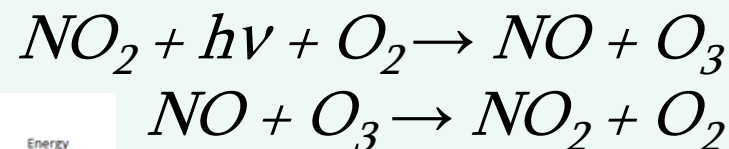
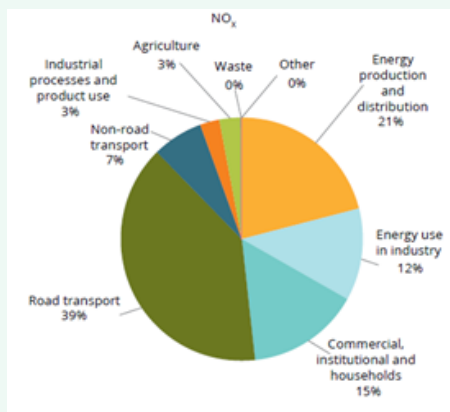
capacidad oxidativa de la troposfera

Eliminación de compuestos emitidos (CH<sub>4</sub>, CO)



Presencia de NO<sub>x</sub>=NO+NO<sub>2</sub>

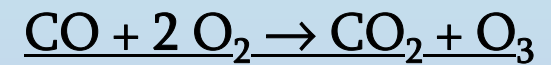
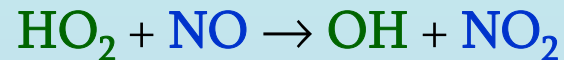
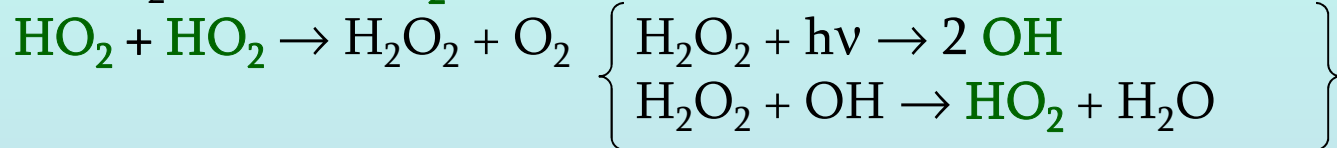
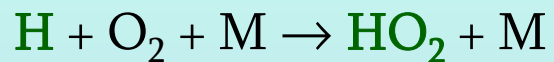
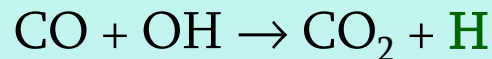
	Source, Tg N yr <sup>-1</sup>
Fossil fuel combustion	21
Biomass burning	12
Soils	6
Lightning	3
NH <sub>3</sub> oxidation	3
Aircraft	0.5
Transport from stratosphere	0.1





... oxidando el CO ...

... aire limpio ...

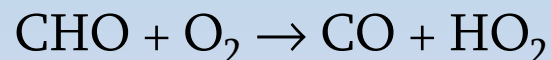
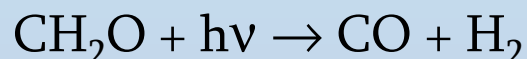
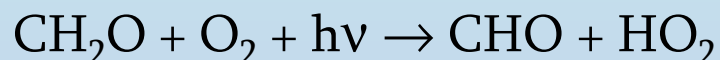
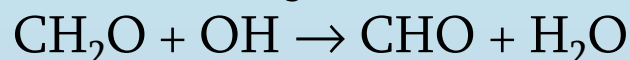
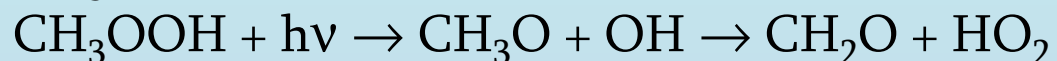
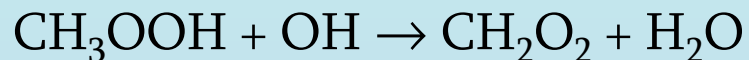
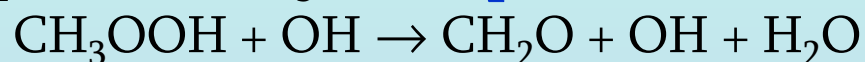
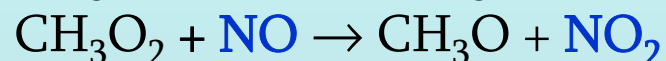
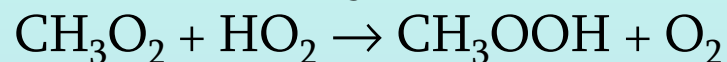
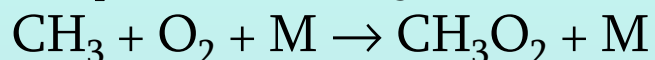
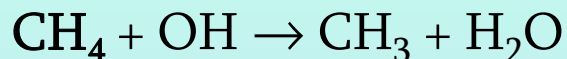


En la troposfera, las bajas concentraciones de  $\text{O}_3$  y  $\text{O}$ , conducen a que los  $\text{HO}_x$  y  $\text{NO}_x$  catalicen la formación de OZONO



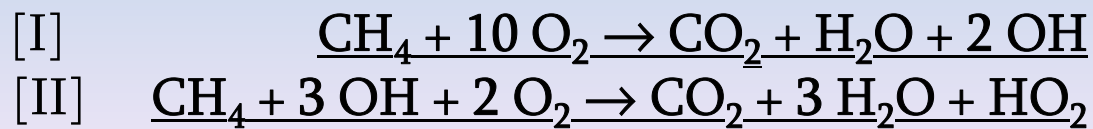
... oxidando el CH<sub>4</sub> ...

... aire limpio ...



Los hidrocarburos de cadenas más largas siguen un mecanismo similar (menos importante por menores fuentes).

En presencia de NO<sub>x</sub>  
el balance tiende a [I]



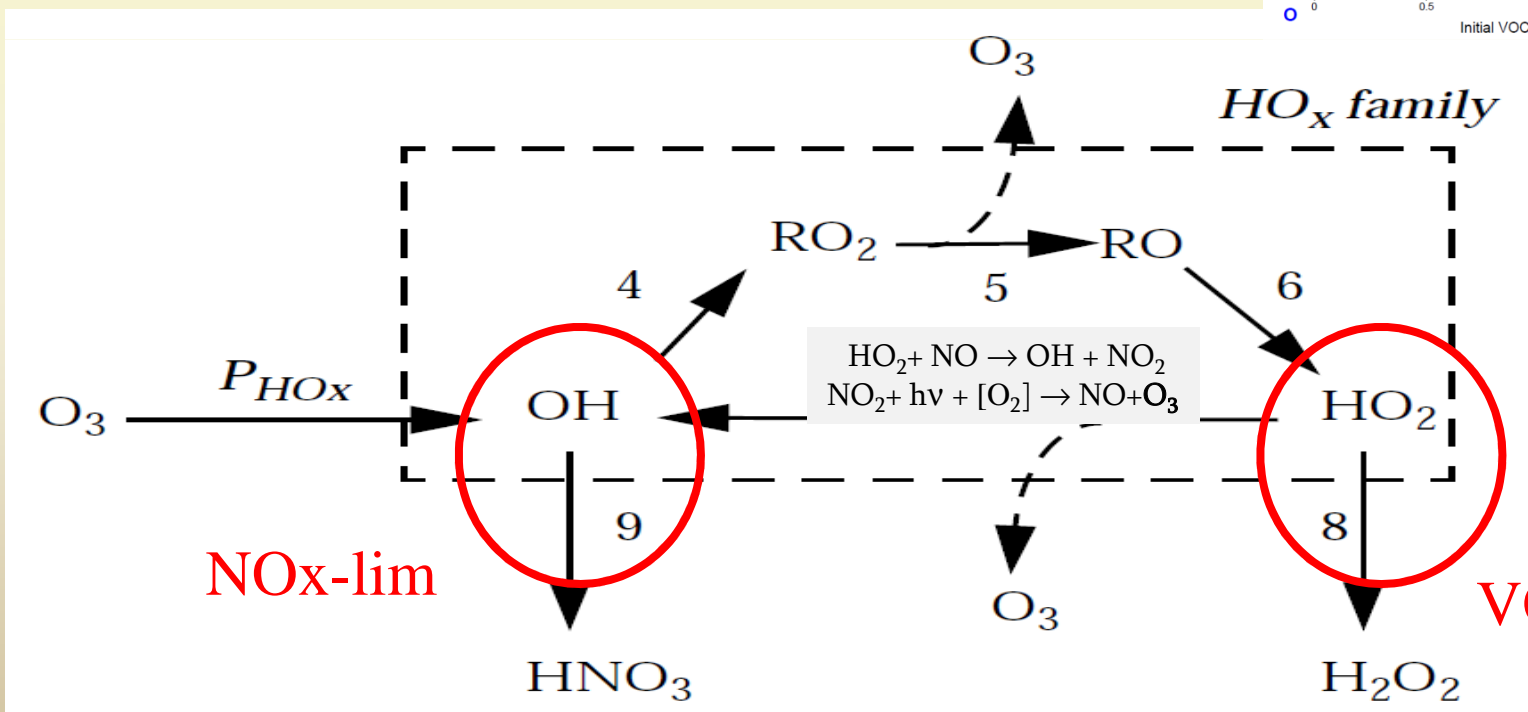
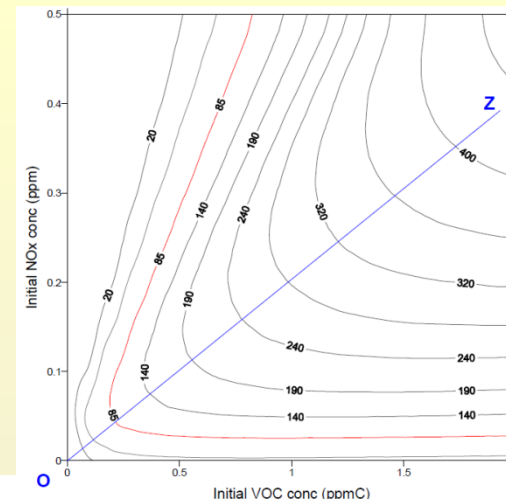
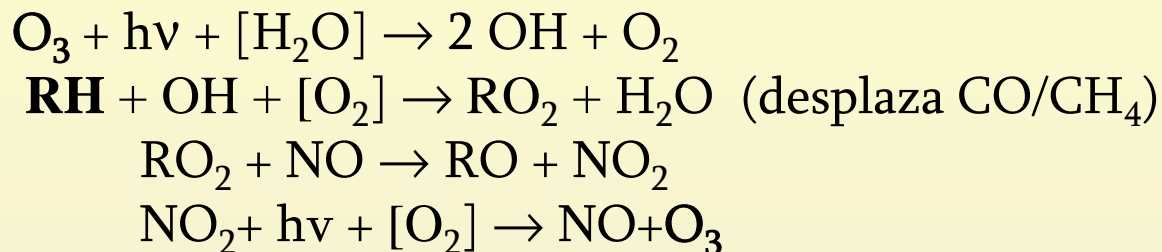




INTRODUCIENDO PERTURBACIONES

2. Química del Ozono

... bajo el efecto de emisiones...





## .....Y LAS EMISIONES BIOGÉNICAS 2. Química del Ozono

Table 2. MEGAN2.1 biogenic emission classes and emission factors ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) for each of the plant functional types described in Table 3.

Compound Class	EF <sub>1</sub>	EF <sub>2</sub>	EF <sub>3</sub>	EF <sub>4</sub>	EF <sub>5</sub>	EF <sub>6</sub>	EF <sub>7</sub>	EF <sub>8</sub>	EF <sub>9</sub>	EF <sub>10</sub>	EF <sub>11</sub>	EF <sub>12</sub>	EF <sub>13</sub>	EF <sub>14</sub>	EF <sub>15</sub>
----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Table 2 Summary of relevant statistical data for C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> VOC concentrations (ppbv) at the Valderejo rural background site during 2003-2004

Compound	Min	Max	Median	Mean	Std. dev.	N of valid data
<i>n</i> -Hexane	<DL	0.81	<DL	0.01	0.03	11,783
Methylcyclopentane	<DL	0.22	<DL	<DL	0.01	11,783
2,4-Dimethylpentane	<DL	0.09	<DL	<DL	<DL	11,783
Benzene	<DL	1.55	0.07	0.075	0.07	11,783
Cyclohexane	<DL	0.85	<DL	0.015	0.05	11,783
2-Methylhexane	<DL	0.12	<DL	<DL	0.01	11,783
2,3-Dimethylpentane	<DL	0.06	<DL	<DL	<DL	11,783
3-Methylpentane	<DL	0.18	<DL	<DL	0.01	11,783
Trichloroetene	<DL	0.16	<DL	<DL	0.01	11,783
2,2,4-Trimethylpentane	<DL	0.34	<DL	<DL	0.01	11,783
<i>n</i> -Heptane	<DL	0.13	<DL	<DL	0.01	11,783
Methylcyclohexane	<DL	0.13	<DL	<DL	0.01	11,783
2,3,4-Trimethylpentane	<DL	0.10	<DL	<DL	<DL	11,783
Toluene	<DL	6.47	0.08	0.1	0.14	11,783
2-Methylheptane	<DL	0.04	<DL	<DL	<DL	11,782
3-Methylheptane	<DL	0.05	<DL	<DL	<DL	11,782
<i>n</i> -Octane	<DL	0.10	<DL	<DL	0.01	11,309
Tetrachloroetene	<DL	0.12	<DL	<DL	0.01	11,309
Ethylbenzene	<DL	0.63	0.01	0.015	0.02	11,782
<i>m</i> and <i>p</i> -xylene	<DL	2.05	0.02	0.03	0.05	11,782
Styrene	<DL	0.14	<DL	<DL	0.01	11,298
<i>o</i> -Xylene	<DL	0.29	<DL	0.01	0.01	11,782
<i>n</i> -Nonane	<DL	0.53	<DL	<DL	0.01	11,782
<i>i</i> -Propylbenzene	<DL	0.04	<DL	<DL	<DL	11,748
<i>n</i> -Propylbenzene	<DL	0.17	<DL	<DL	<DL	11,548
<i>p</i> -Ethyltoluene	<DL	0.36	<DL	<DL	0.01	11,748
1,3,5-Trimethylbenzene	<DL	0.73	<DL	<DL	0.01	11,559
<i>o</i> -Ethyltoluene	<DL	0.34	<DL	<DL	0.01	11,747
1,2,4-Trimethylbenzene	<DL	1.63	<DL	0.01	0.03	11,744
<i>n</i> -Decane	<DL	1.49	<DL	0.01	0.03	11,747
1,2,3-Trimethylbenzene	<DL	0.34	<DL	<DL	0.01	11,748
<i>m</i> -Diethylbenzene	<DL	0.38	<DL	<DL	0.03	11,748
<i>p</i> -Diethylbenzene	<DL	0.25	<DL	<DL	0.01	11,748
Monoterpenes	<DL	2.94	0.03	0.10	0.08	10,040

<DL Below detection limit  
 2-butanone, pyruvic acid, 3,3-dimethylbutenol, 3,3-dimethylbutenol, methyl acetone,  $\alpha$ -terpinyl acetate, phenylacetaldehyde and nonanal)

1600	800	200	1
0.3	0.3	0.3	0.3
0.7	0.7	0.7	0.7
0.7	0.7	0.7	0.7
0.3	0.3	0.3	0.3
2	2	2	2
1.5	1.5	1.5	1.5
2	2	2	2
5	5	5	5
3	3	3	4
1	1	1	4
2	2	2	2
0.01	0.01	0.01	0.01
500	500	500	900
80	80	80	80
600	600	600	600
80	80	80	80
300	300	300	300
140	140	140	140

	Isoprene Tg yr <sup>-1</sup>	MT Tg yr <sup>-1</sup>	Other Tg yr <sup>-1</sup>
--	---------------------------------	---------------------------	------------------------------

0.7			
46	1.61	7.38	13.2
0.6	5.9	6.63	9.52
46	0.0002	0.52	0.89
5.6	244	82.9	127
64	21.9	4.0	8.71
2.9	178	45.0	74.3
33	35.4	5.86	13.1
14	4.79	0.99	2.02
18	0.23	0.08	0.33
15	21.8	6.77	16.4
33	2.93	1.07	3.3
94	0.97	0.02	1.45
4.3	11.2	0.25	26.1
3.2	5.93	0.49	51.3
6.3	0.02	0.36	44.5

Total (all PFTs)

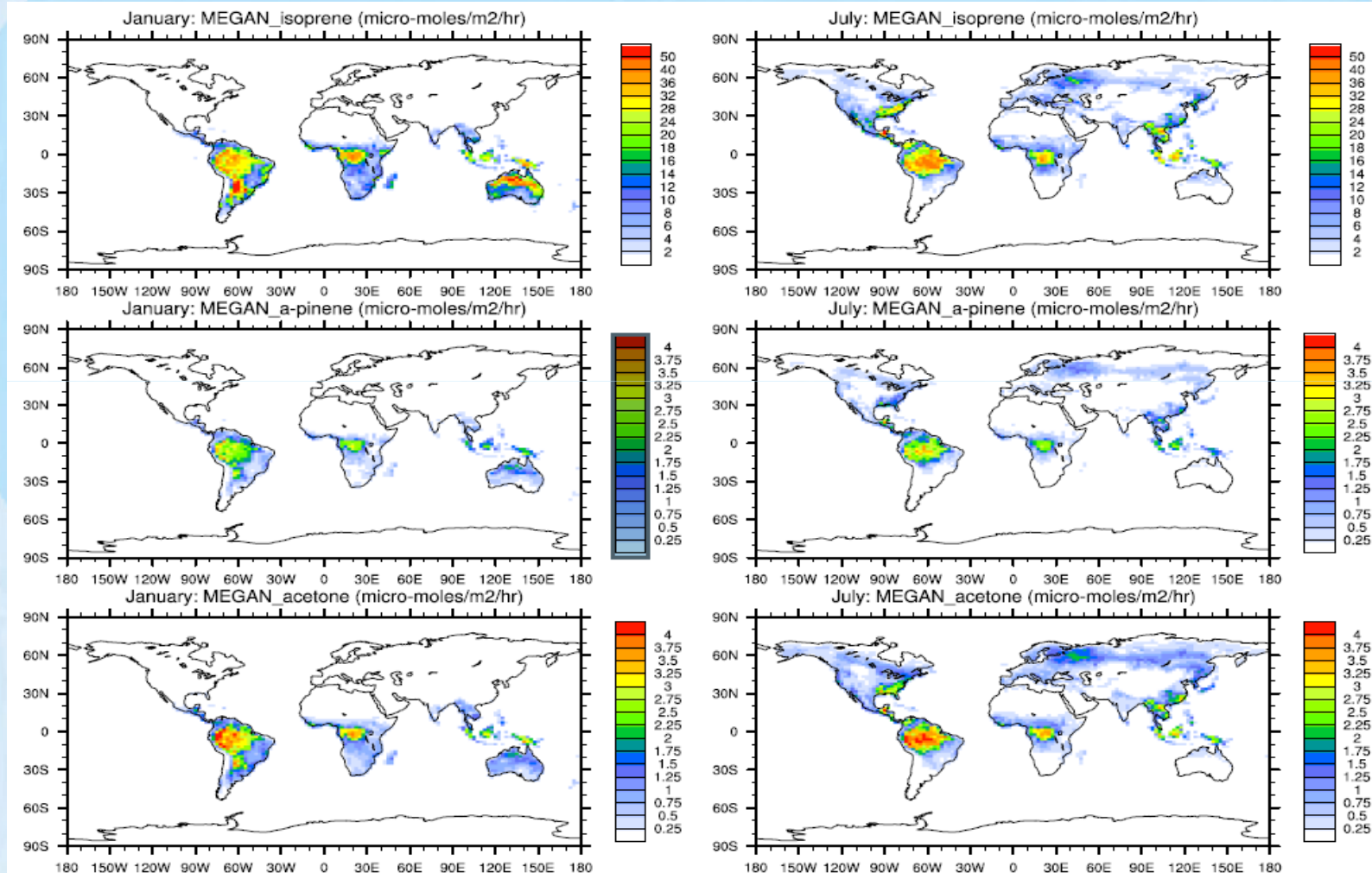
159	535	162	390
-----	-----	-----	-----

Table 1. MEGAN2.1 compound classes and individual compounds

Compound Class	Compound
isoprene	isoprene
myrcene	myrcene
sabinene	sabinene
limonene	limonene
3-carene	3-carene
<i>t</i> - $\beta$ -ocimene	<i>t</i> - $\beta$ -ocimene
$\alpha$ -pinene	$\alpha$ -pinene
$\beta$ -pinene	$\beta$ -pinene
$\beta$ -caryophyllene	$\beta$ -caryophyllene
$\alpha$ -farnesene	$\alpha$ -farnesene
232-MBO	232-MBO
methanol	methanol
acetone	acetone
CO	CO
Other Monoterpenes (34 compounds)	aromatic monoterpenes (phellandrene, tricyclene), $\beta$ -thujone, linalool oxide and estragole
Other Sesquiterpenes category (30 compounds)	sesquiterpenes (madendrene, $\alpha$ -copaene, $\gamma$ -humulene and $\delta$ -selinene)
Bidirectional VOC (5 compounds)	ethanol, acetone
Stress VOC (15 compounds)	ethene, dimethyl ether, cyclohexane, trimethylamine
Other VOC (49 compounds)	leaf surface waxes, methoxyacetone, sulfur dioxide, carbon disulfide, dimethyl sulfide (butene, propene), phenylacetone, acetone, 2-butanone, pyruvic acid, 3,3-dimethylbutenol, 3,3-dimethylbutenol, methyl acetone, $\alpha$ -terpinyl acetate, phenylacetaldehyde and nonanal)



.....Y LAS EMISIONES BIOGÉNICAS 2. Química del Ozono



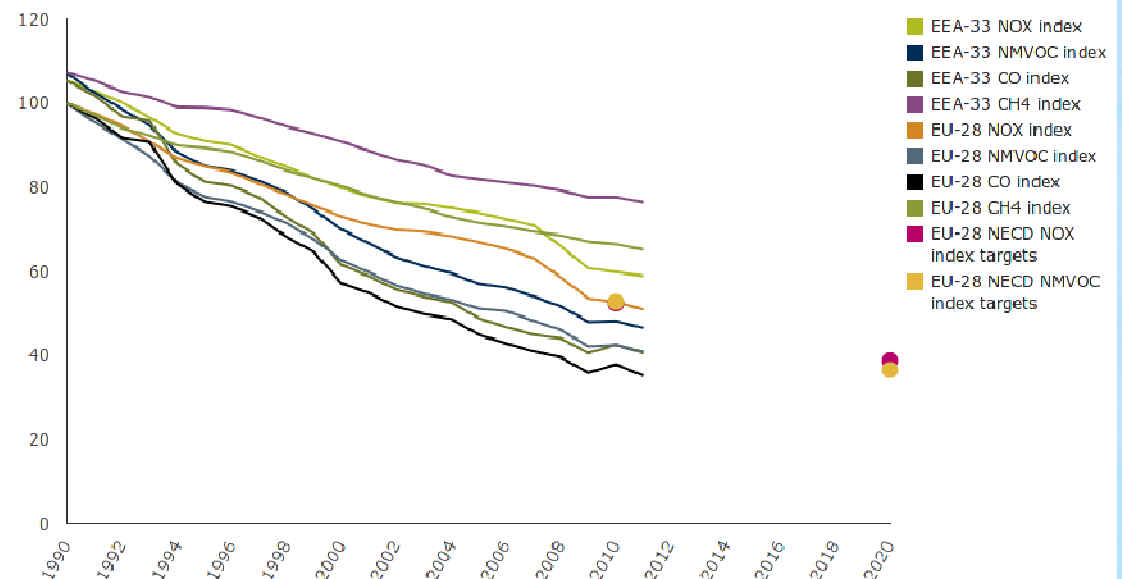


.....Y LAS EMISIONES ANTROPOGÉNICAS 2. Química del Ozono

**Table 2.1** Anthropogenic and natural emissions for the year 2005 used in this assessment (Mt/yr)

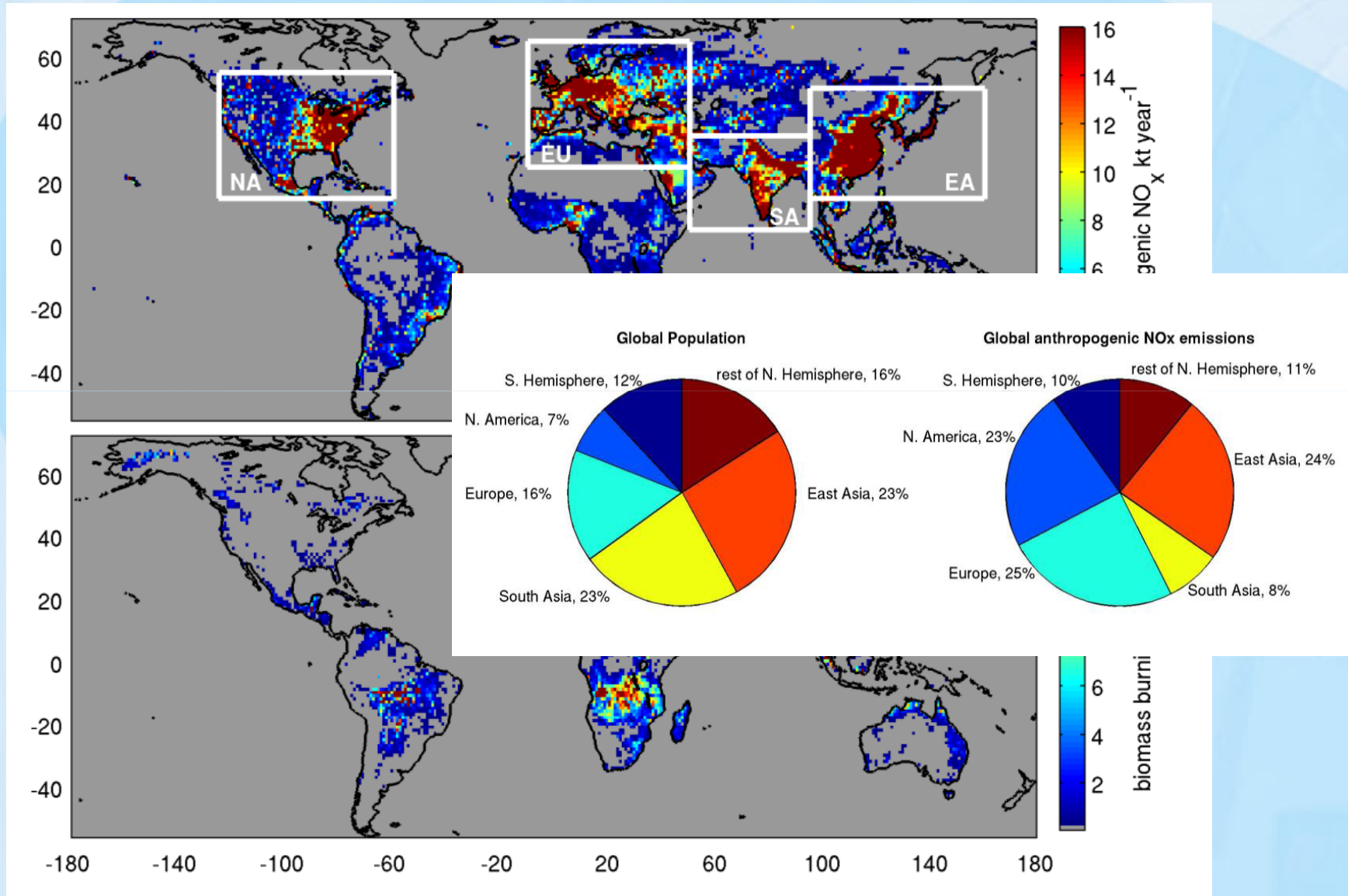
	BC	OC	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> <sup>a</sup>	CH <sub>4</sub>	NM VOC	CO	NH <sub>3</sub> <sup>b</sup>
<b>Anthropogenic</b>									
Large-scale combustion	0.10	0.15	8.1	71.6	34.1	0.36	1.2	29.9	0.07
Industrial processes	0.43	0.66	4.5	12.7	2.4	0	8.0	74.2	0.11
Residential-commercial combustion	2.7	9.6	17.8	5.8	5.0	8.8	37.9	195	0.34
Transport	1.6	1.4	3.4	15.9	71.5	2.3	38.5	266	0.36
Fossil-fuel extraction and distribution	0.28	0.06	0.51	2.4	1.4	101	36.4	2.0	0
Solvents	N/A								
Waste/landfill	0.1								
Agriculture <sup>c</sup>	0.31								
<b>Total anthropogenic</b>	<b>5.5</b>								
<b>Natural<sup>d</sup></b>	<b>3-3.7</b>								
<b>Global total</b>	<b>8.5-9.2</b>								

Chart – Emission trends of ozone-precursor pollutants





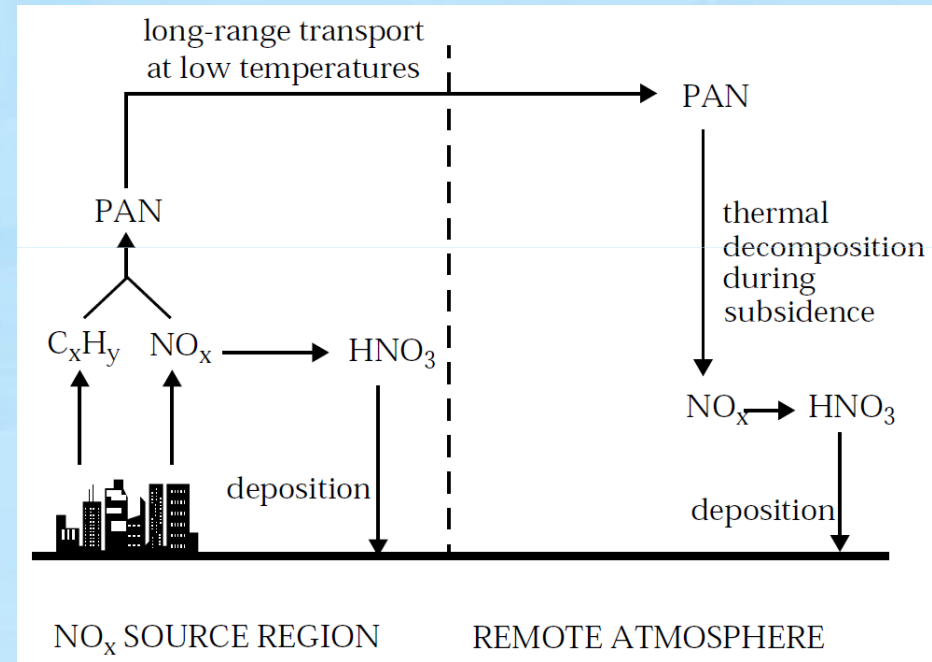
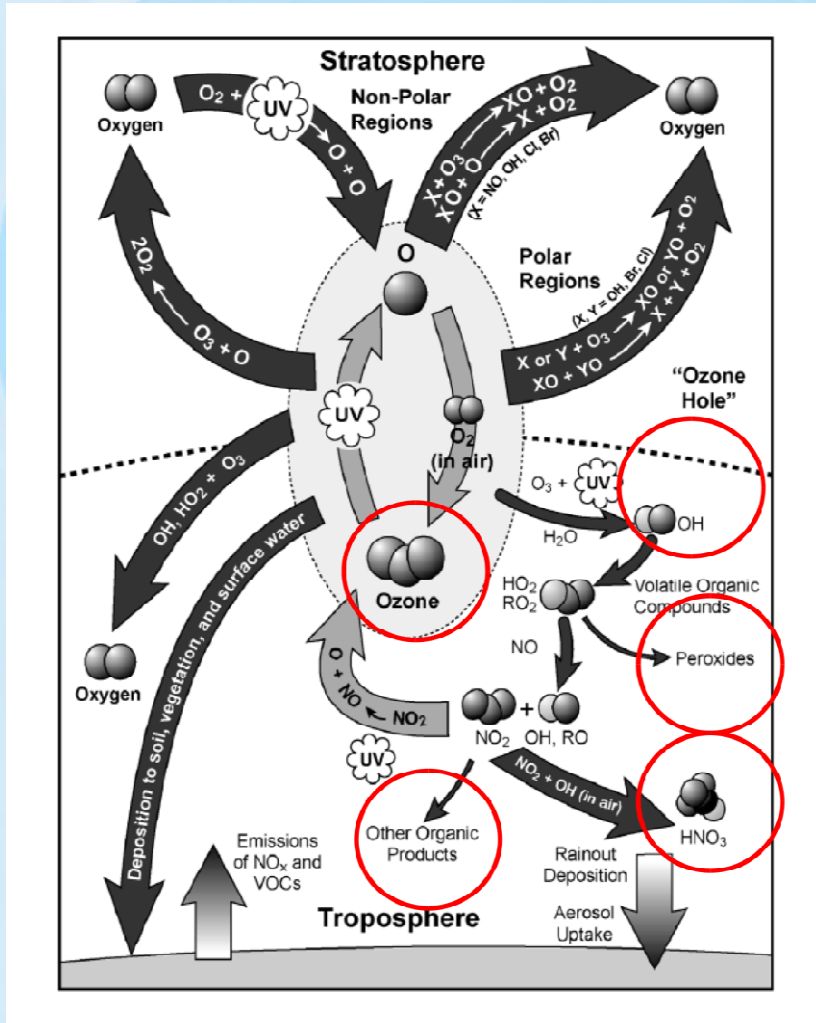
.....Y LAS EMISIONES ANTROPOGÉNICAS 2. Química del Ozono





UN CUADRO COMPLEJO

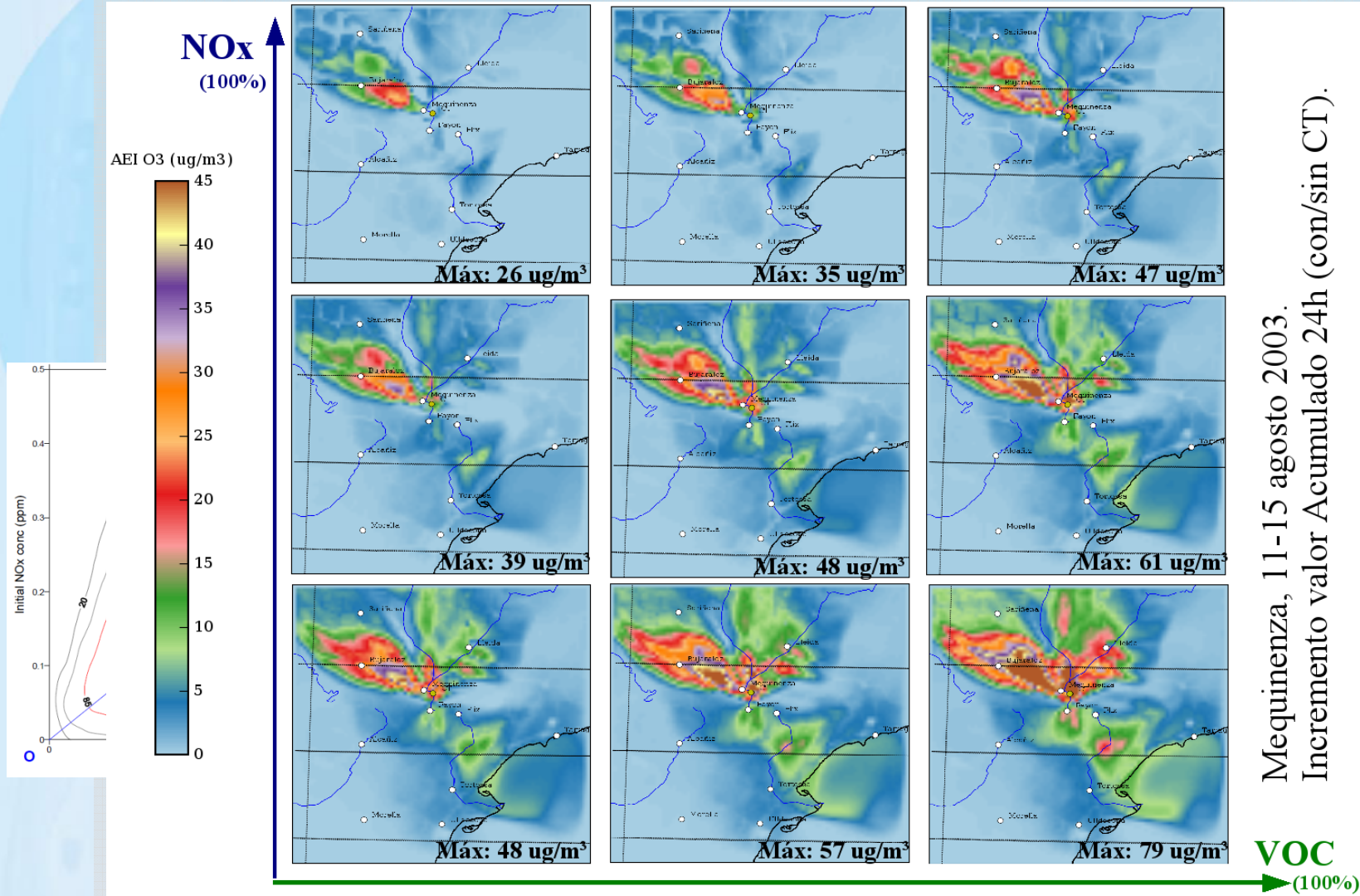
2. Química del Ozono





INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA EMISIONES

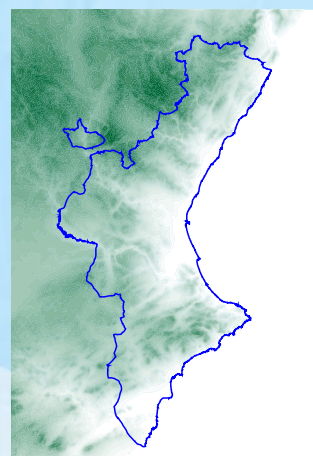
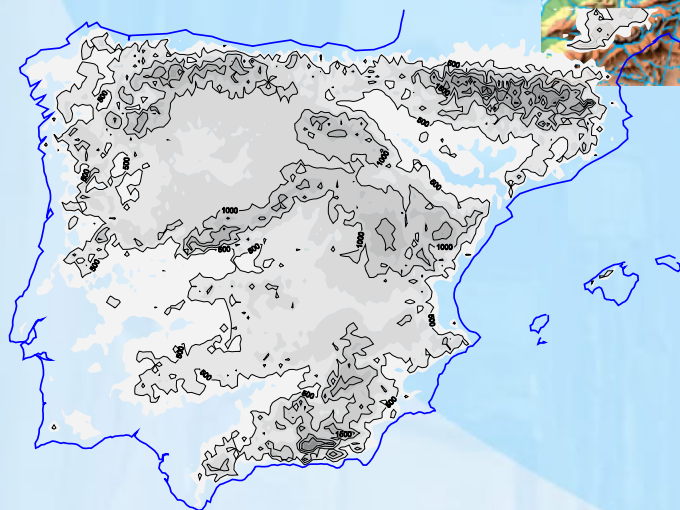
2. Química del Ozono





EL ESCENARIO

3. Transporte Atmosférico

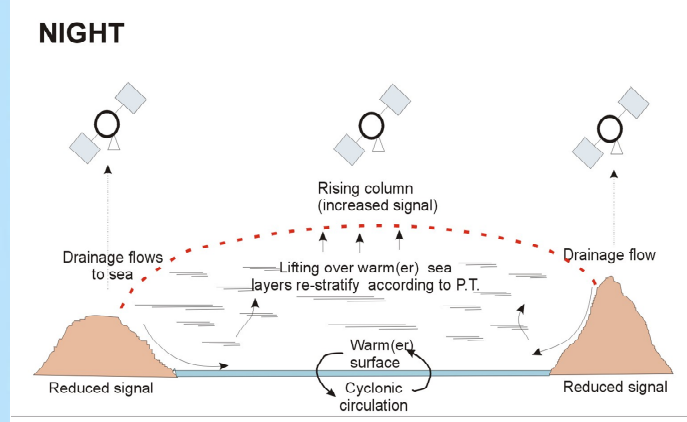
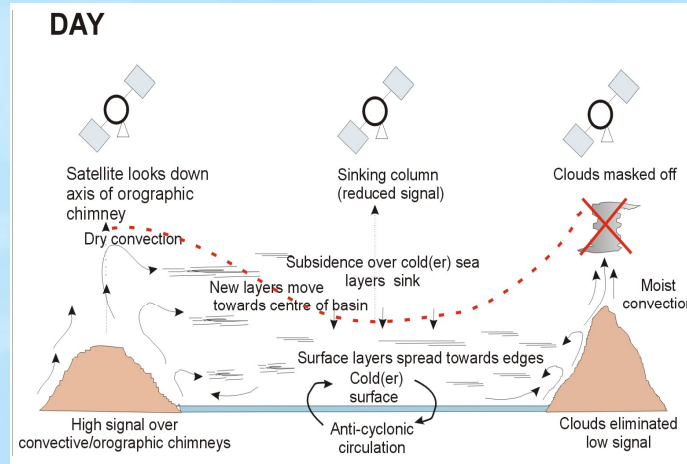
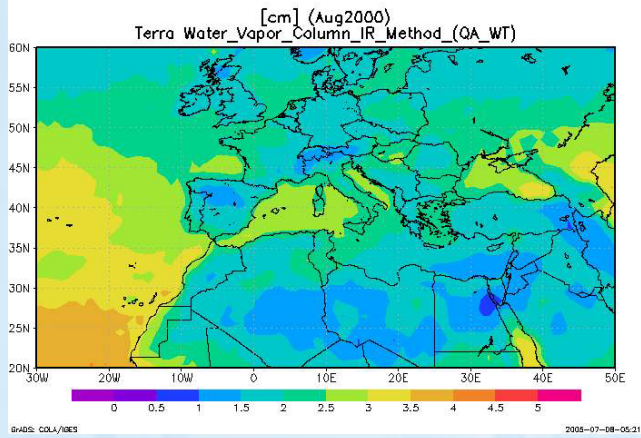
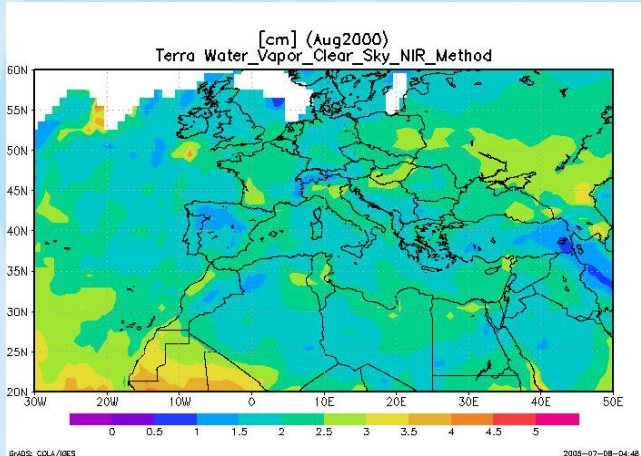
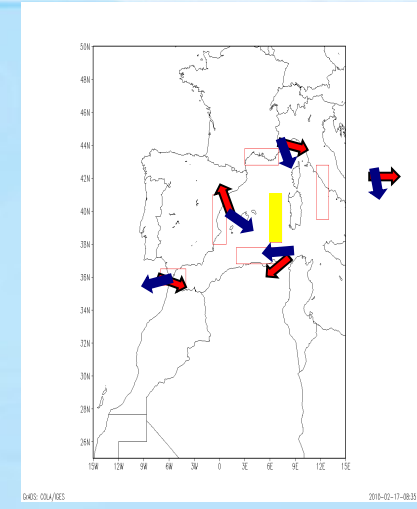






UNA DINÁMICA A ESCALA DE CUENCA 3. Transporte Atmosférico

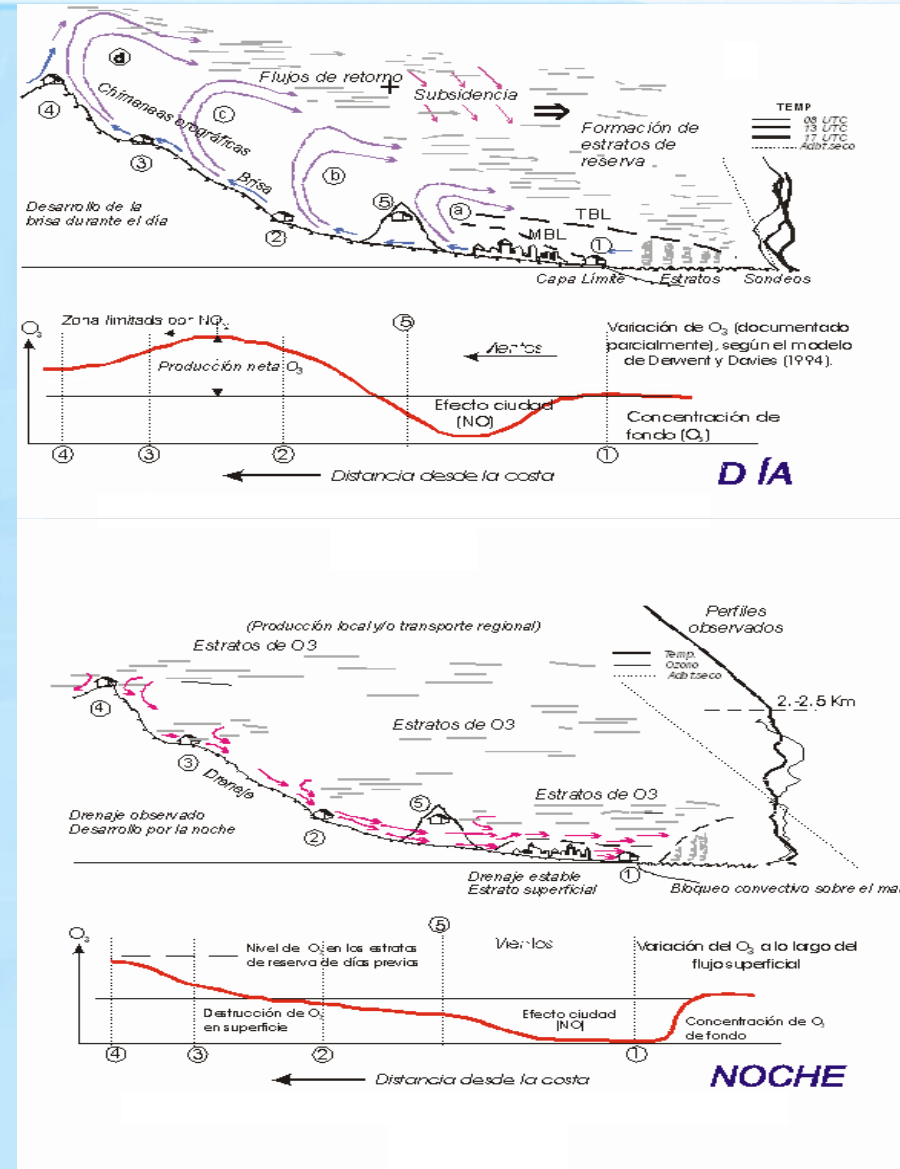
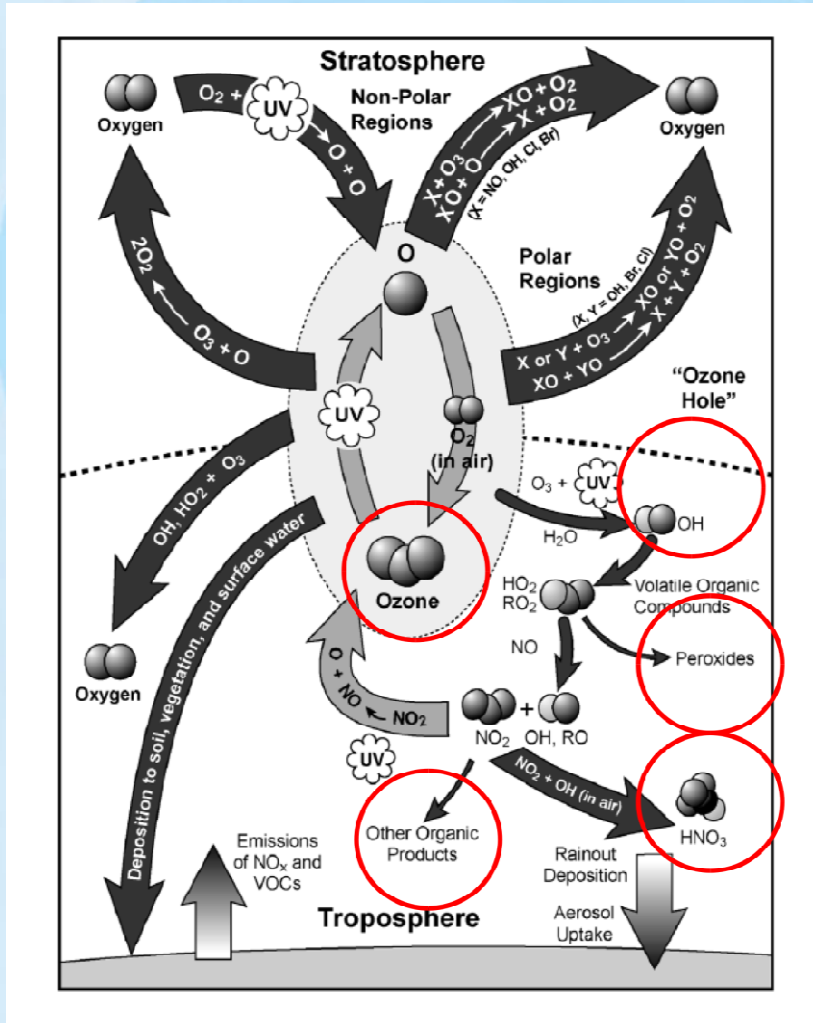
Pollutant and Water Vapor Accumulation over the Western Mediterranean side





INTEGRANDO LOS PROCESOS

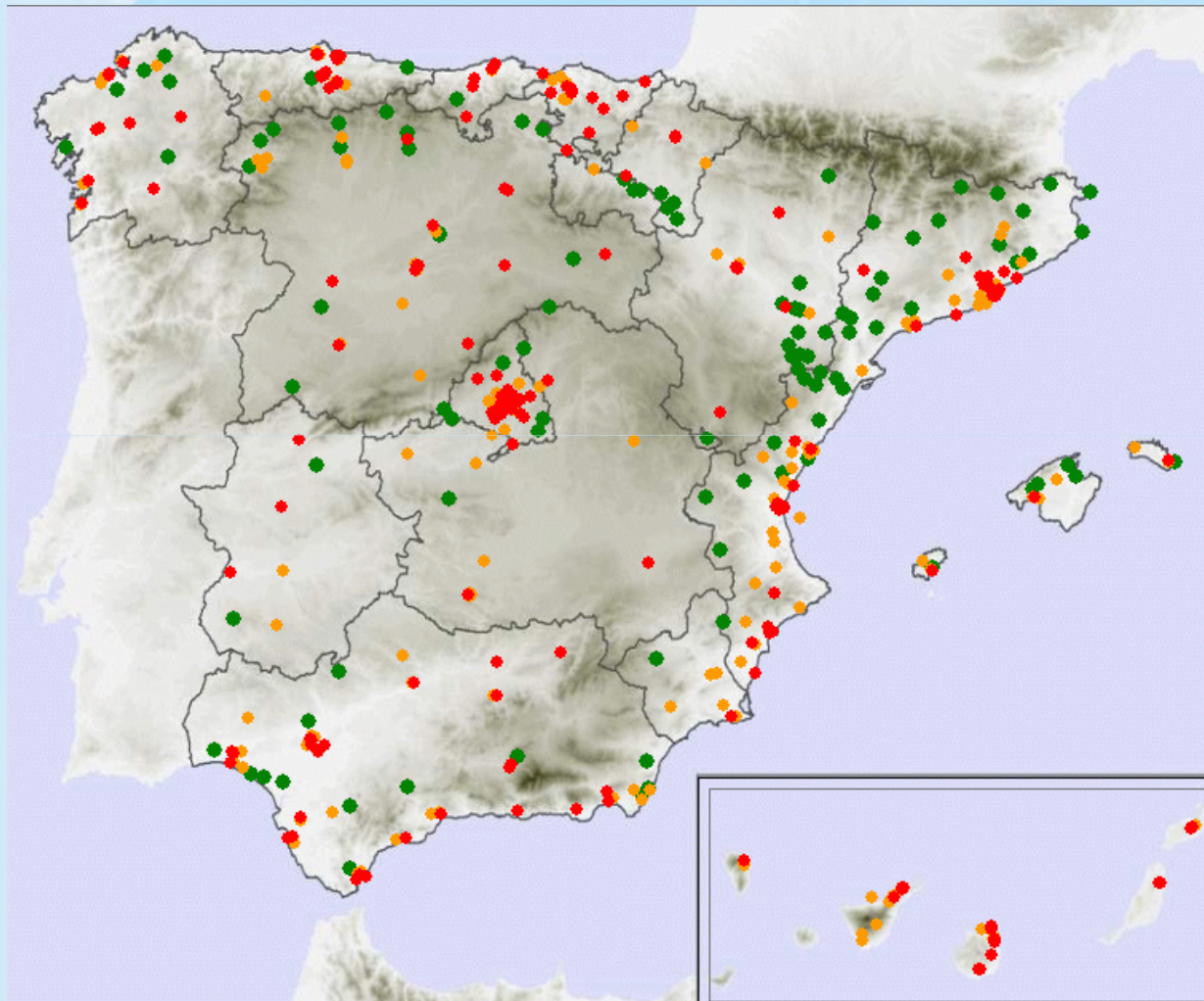
3. Transporte Atmosférico



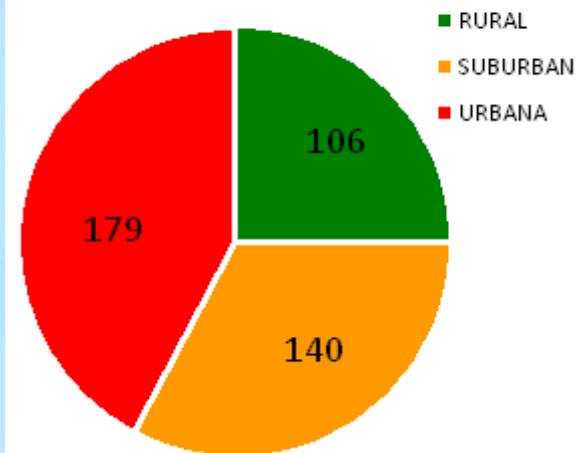


LA HERRAMIENTA

4. Reflejo en las redes de vigilancia

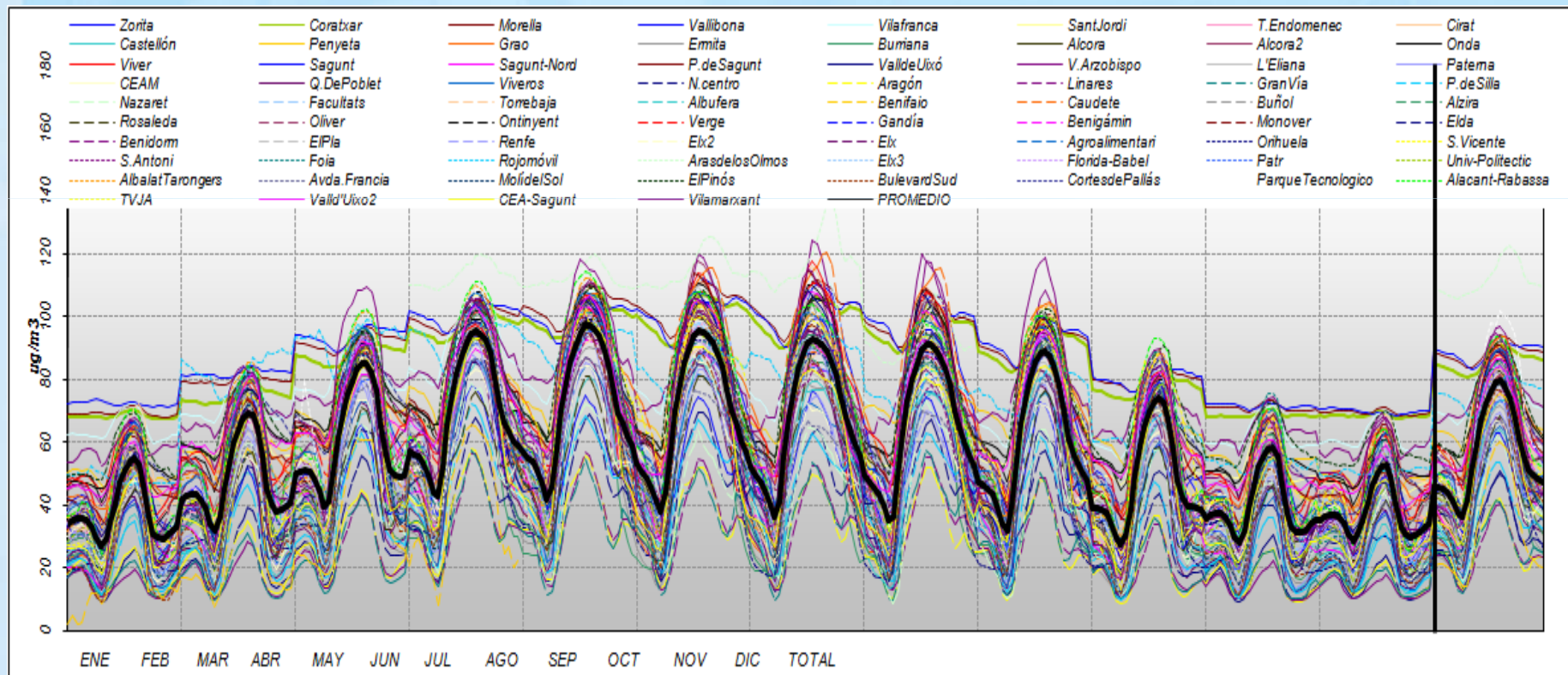


CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES O<sub>3</sub>  
POR TIPO DE ENTORNO 2012



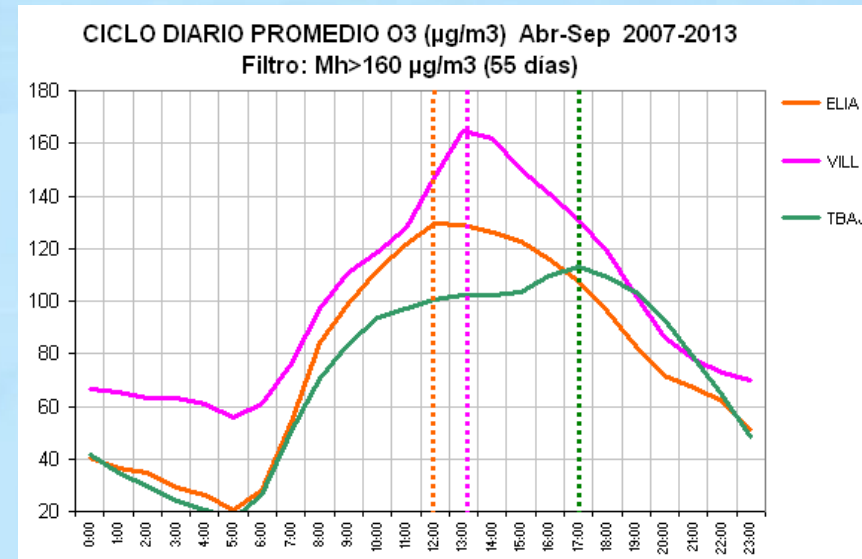
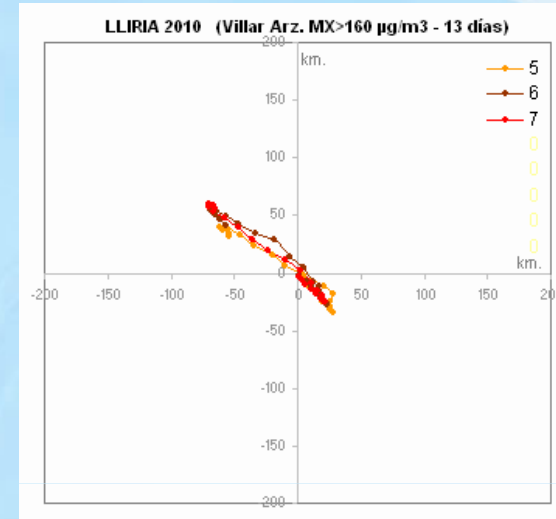
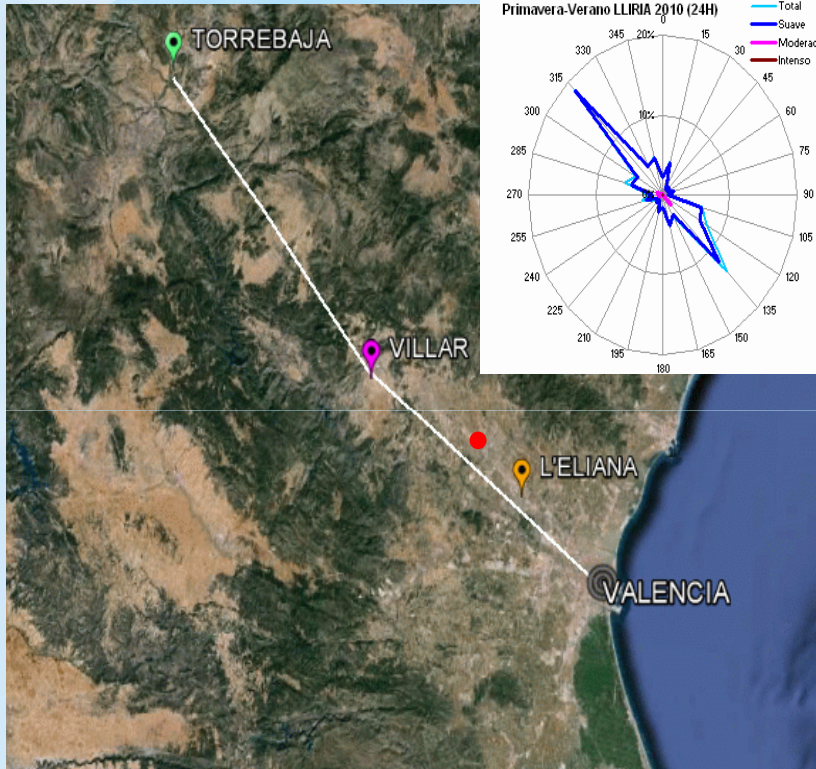


VARIABILIDAD DEL SISTEMA 4. Reflejo en las redes de vigilancia





DINÁMICA MESOESCALAR 4. Reflejo en las redes de vigilancia

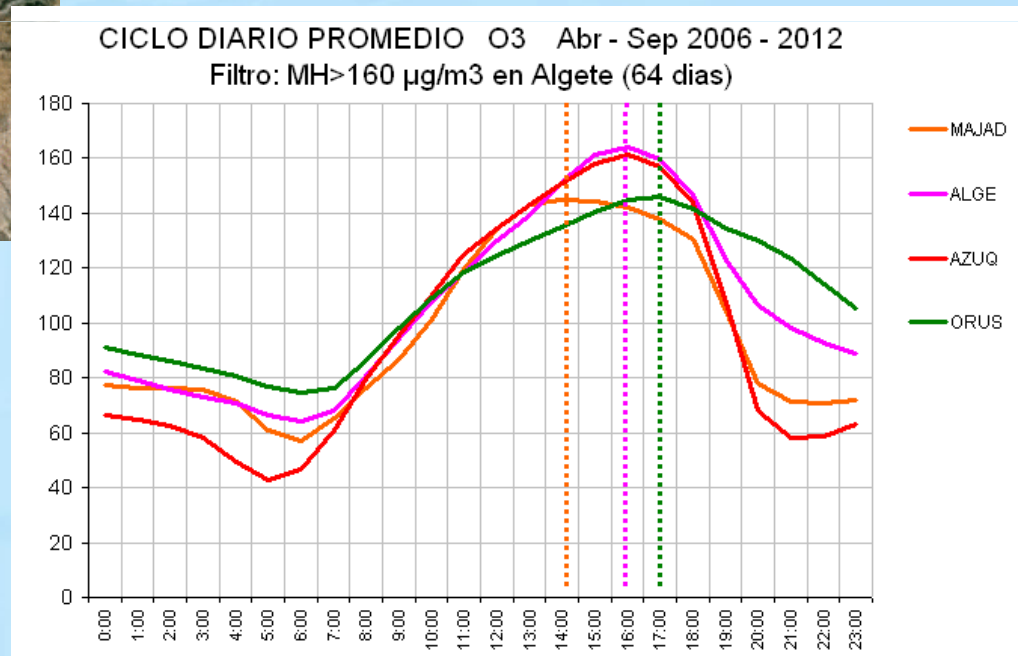
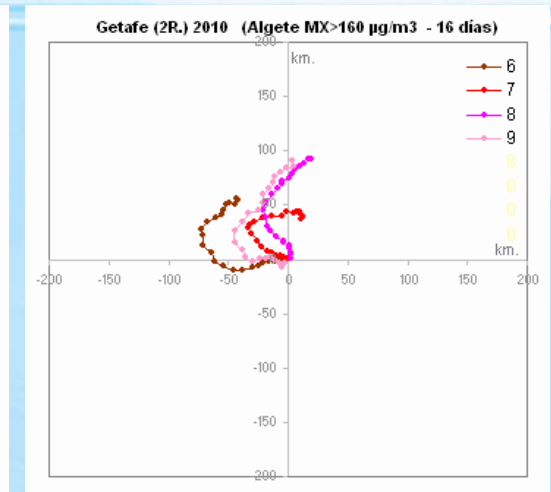
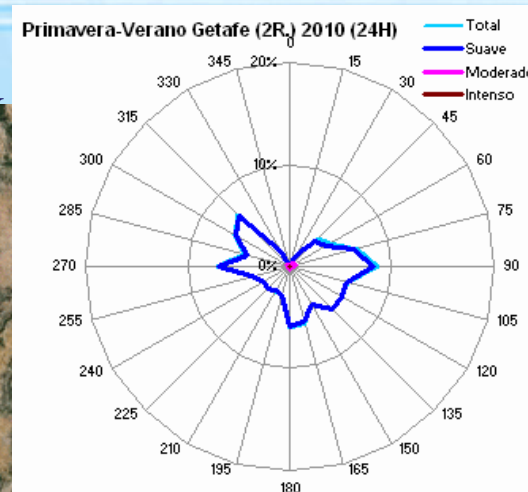


Transporte de la pluma de la ciudad de Valencia hacia el valle del Turia





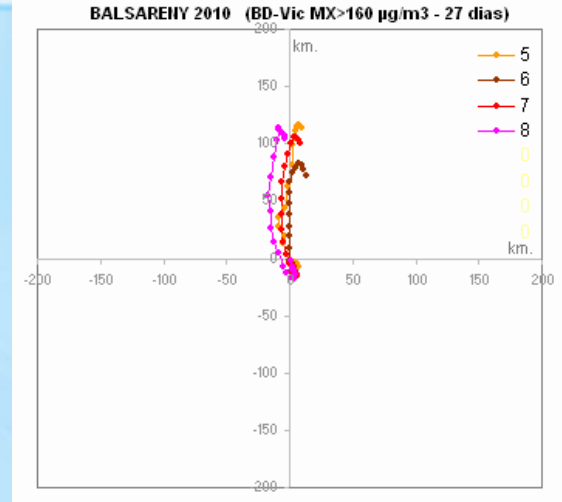
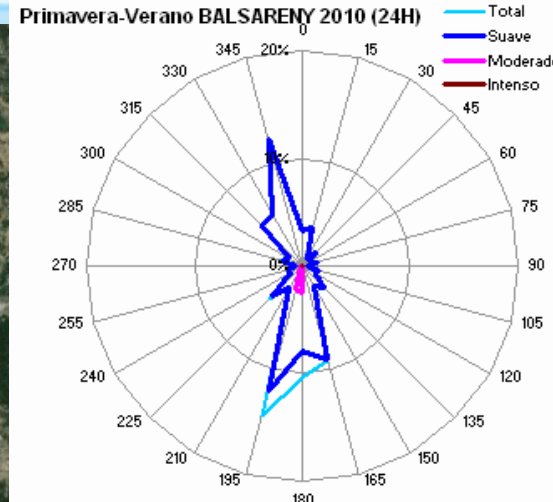
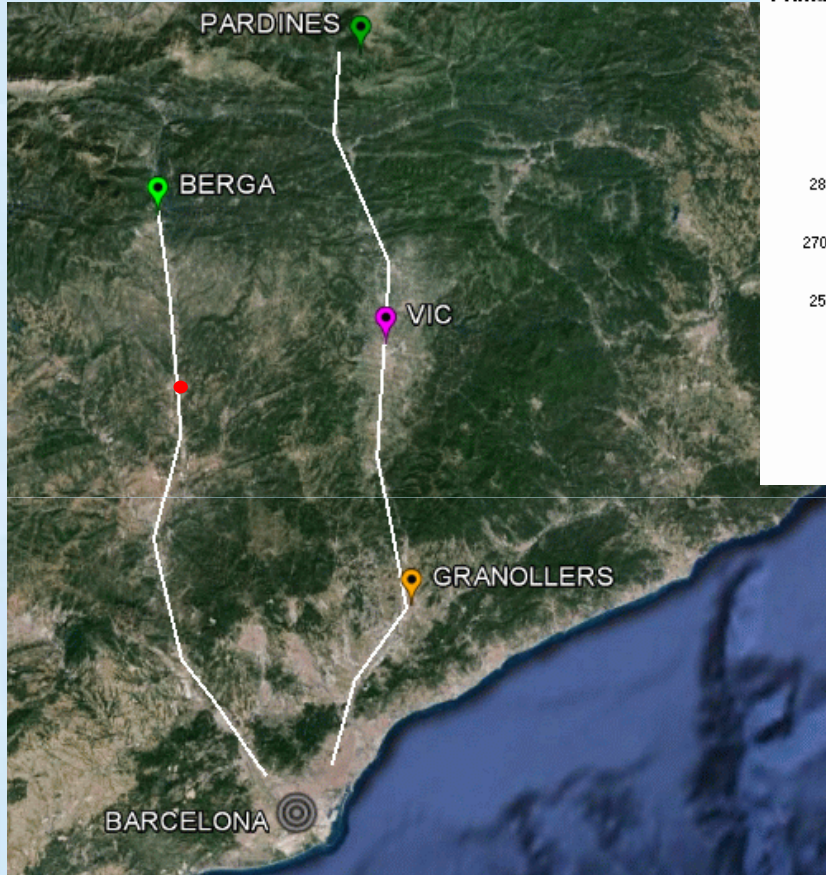
DINÁMICA MESOESCALAR 4. Reflejo en las redes de vigilancia



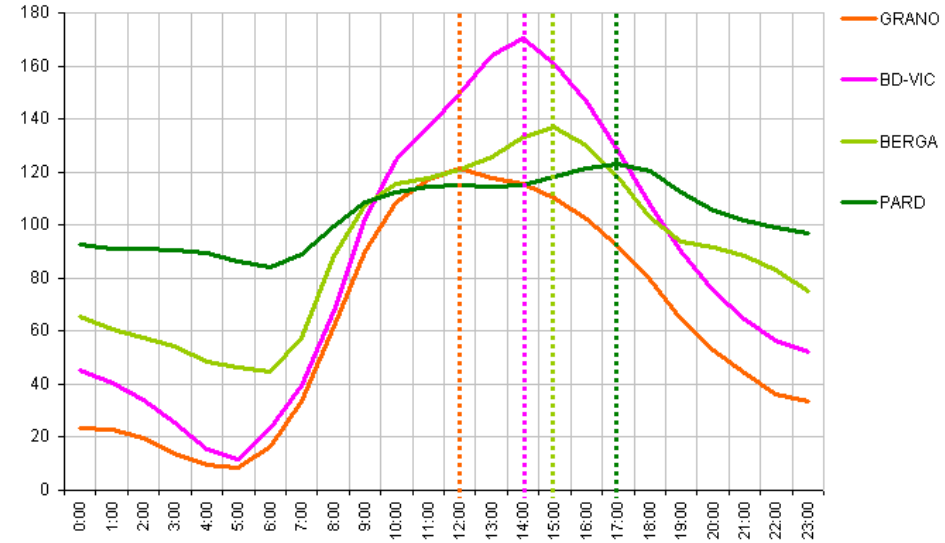
Transporte de la pluma del AM de Madrid hacia el norte, siguiendo un “barrido” en sentido horario



DINÁMICA MESOESCALAR 4. Reflejo en las redes de vigilancia



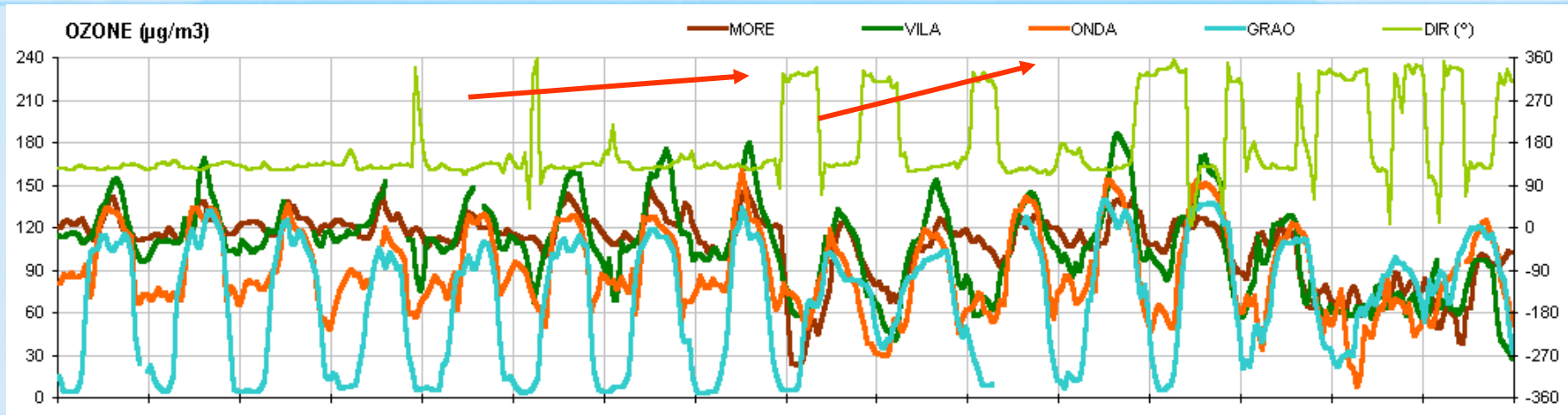
CICLO DIARIO PROMEDIO O3 Abr-Sep 2006 - 2012  
Filtro: MH>160 µg/m3 en BD-Vic (143 días)



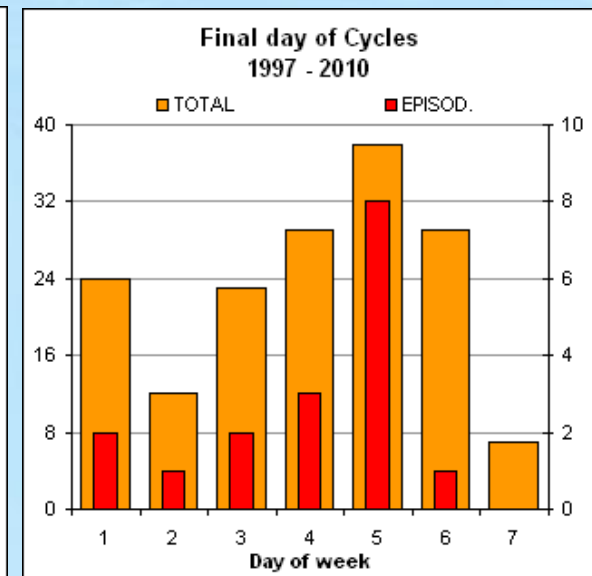
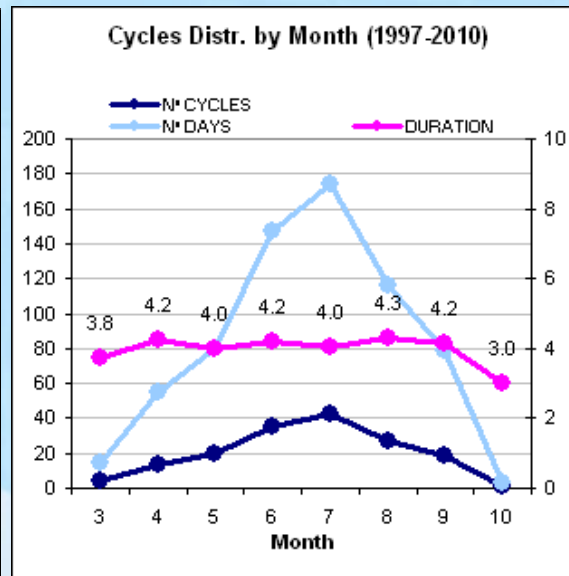
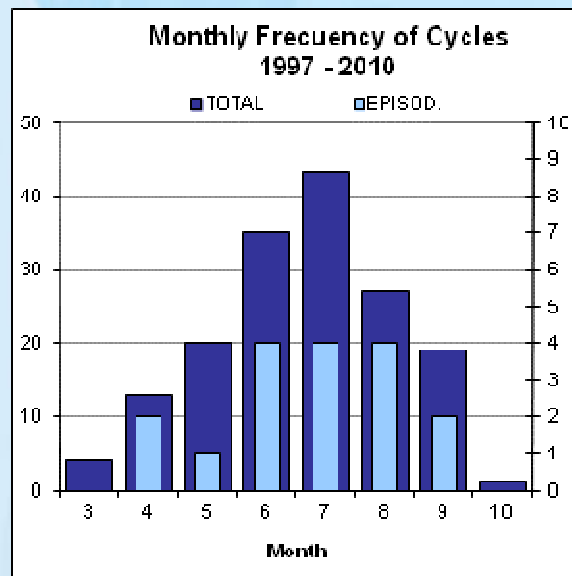
Transporte de la pluma del AM de Barcelona hacia el Norte, a través de la Plana de Vic y Valle de Llobregat



PROCESOS DE ACUMULACIÓN 4. Reflejo en las redes de vigilancia



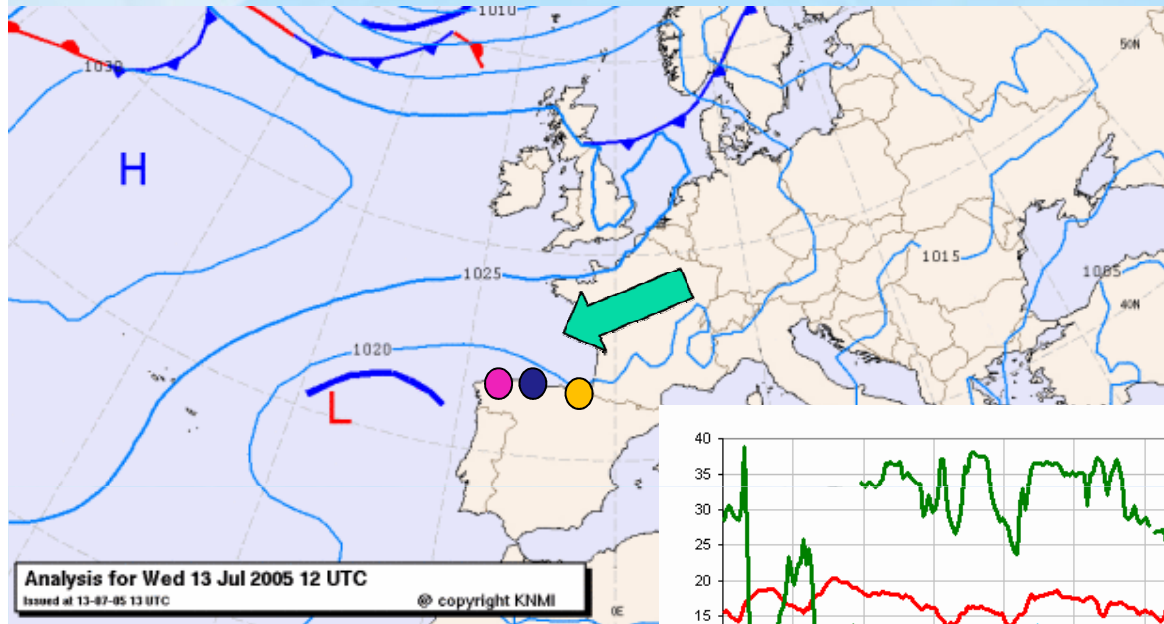
RED COMUNIDAD VALENCIANA 1997 - 2010



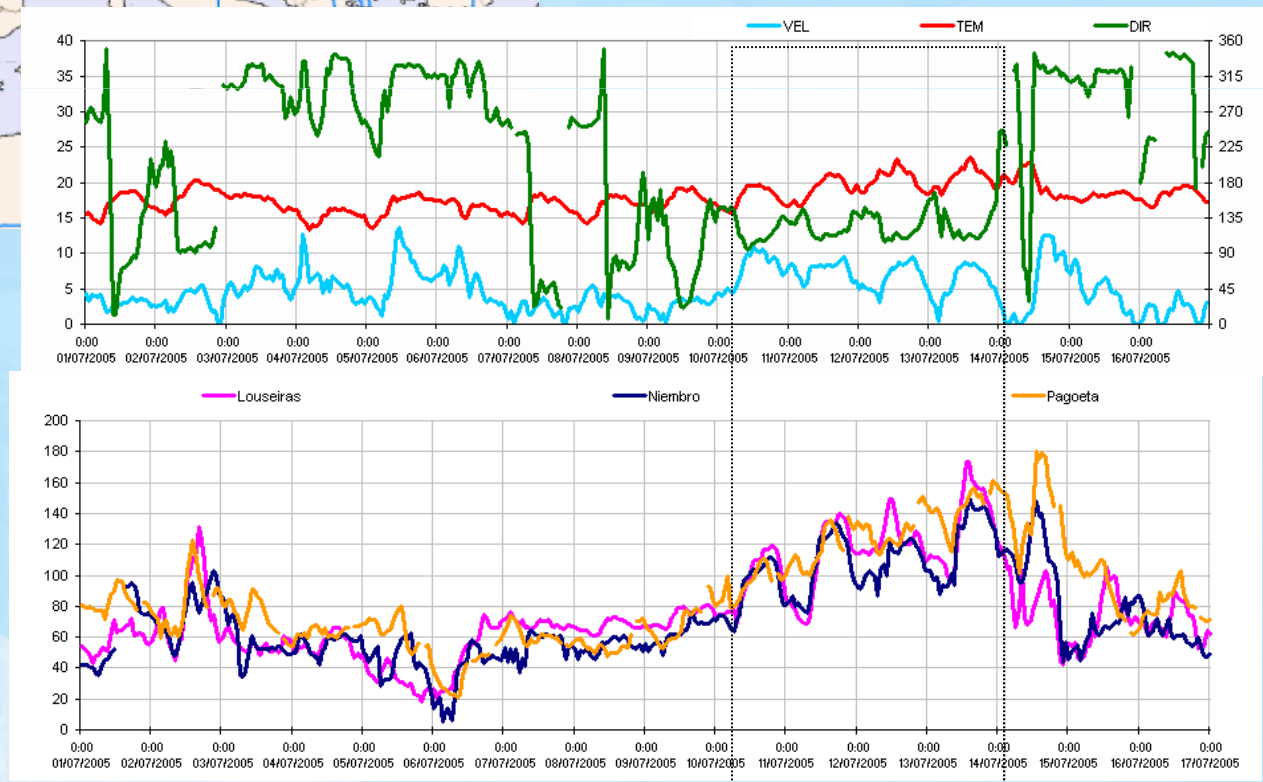




TRANSPORTE A LARGA DISTANCIA 4. Reflejo en las redes de vigilancia



Analysis for Wed 13 Jul 2005 12 UTC  
Issued at 13-07-05 13 UTC © copyright KNMI

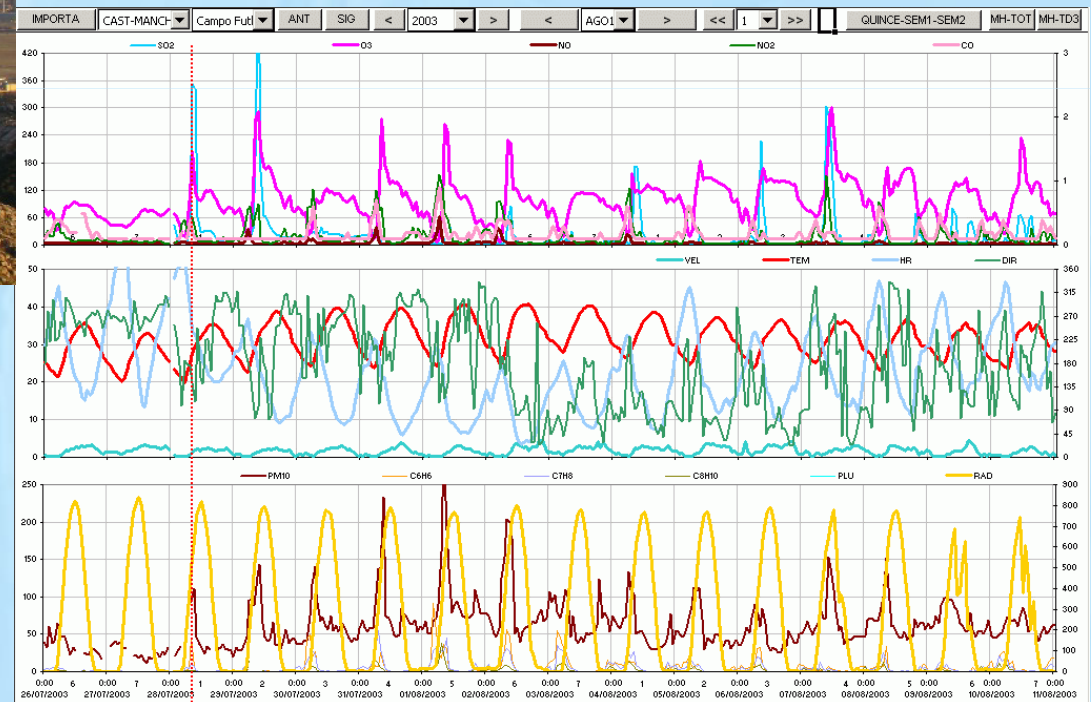




EPISODIOS PUNTALES 4. Reflejo en las redes de vigilancia



Mezcla vertical en la capa límite: ciclo de formación de la capa de mezcla y desacople nocturno





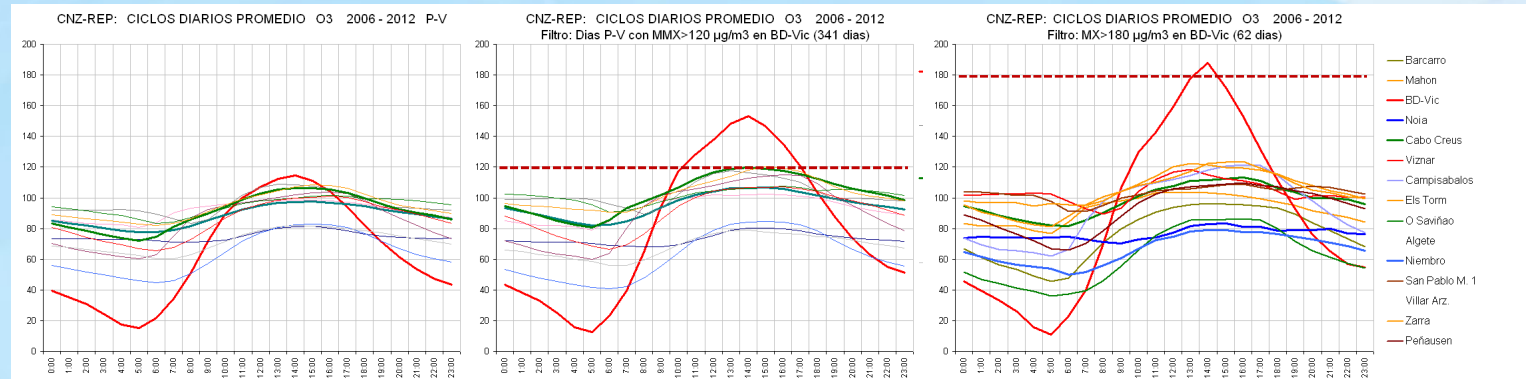
## DIFERENCIAS 4. Reflejo en las redes de vigilancia

PROMEDIO P-V

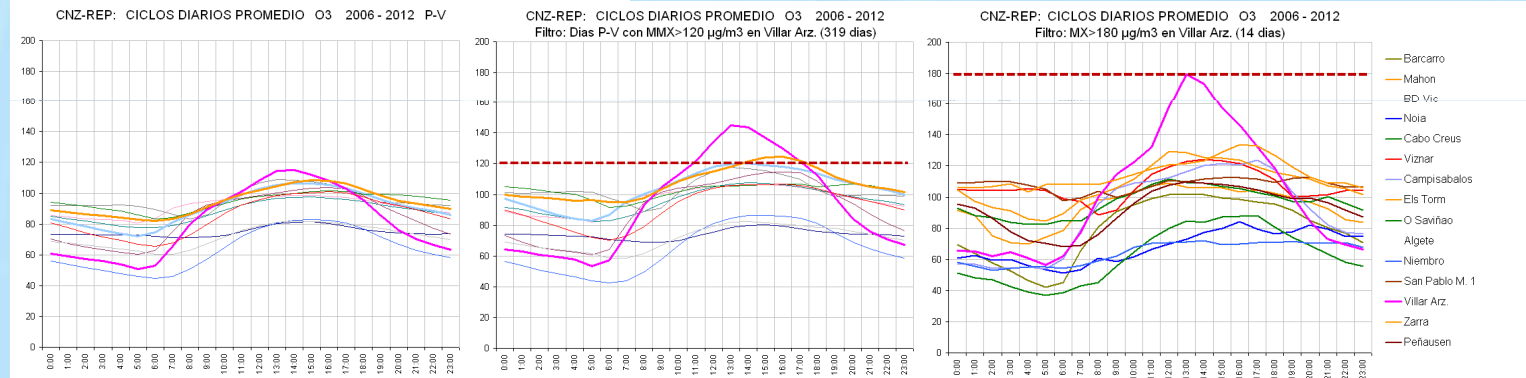
MMX>120 P-V (CRÓNICO)

MX>180 P-V (EPISÓDICO)

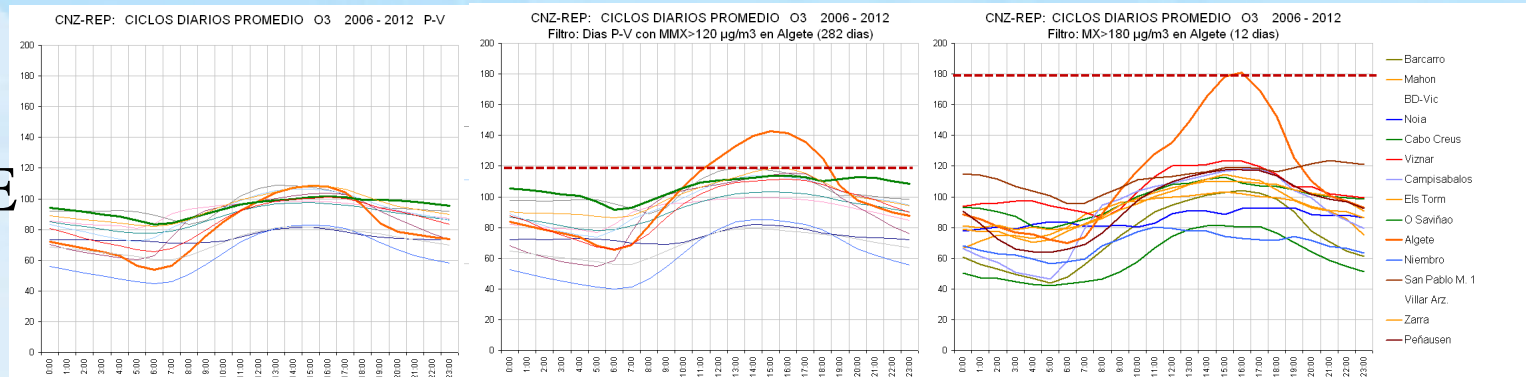
VIC



VILLAR



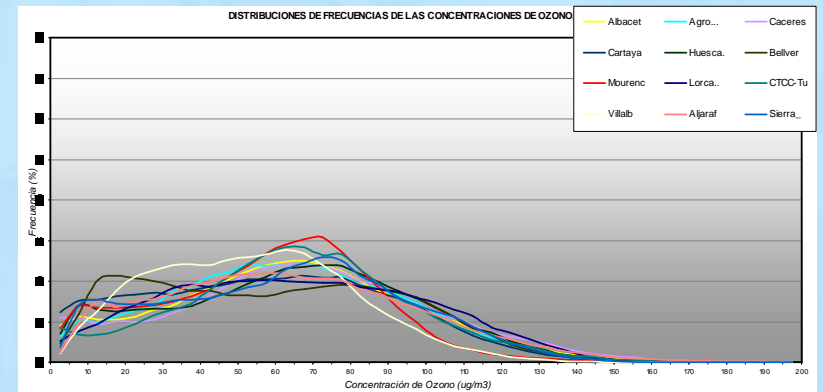
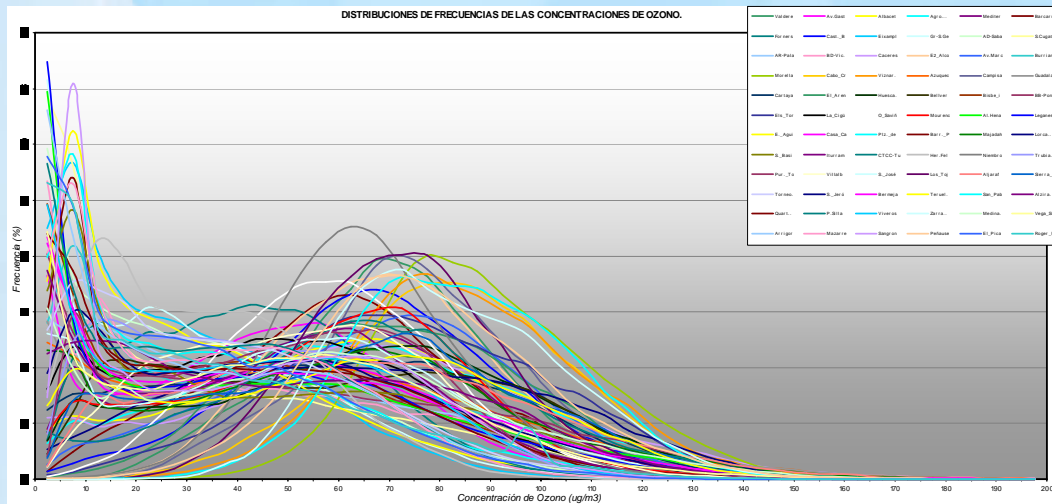
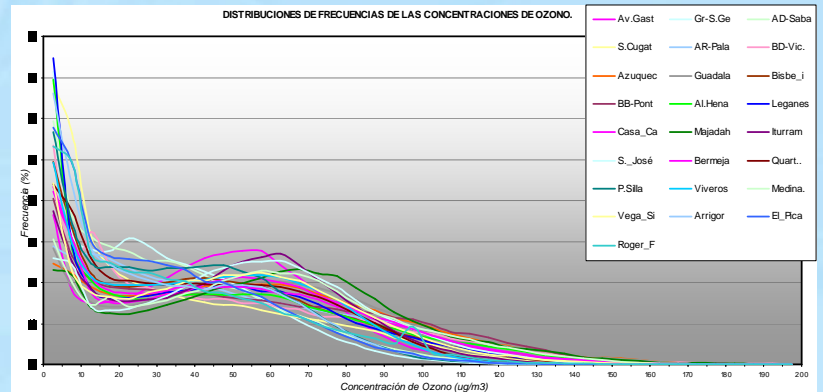
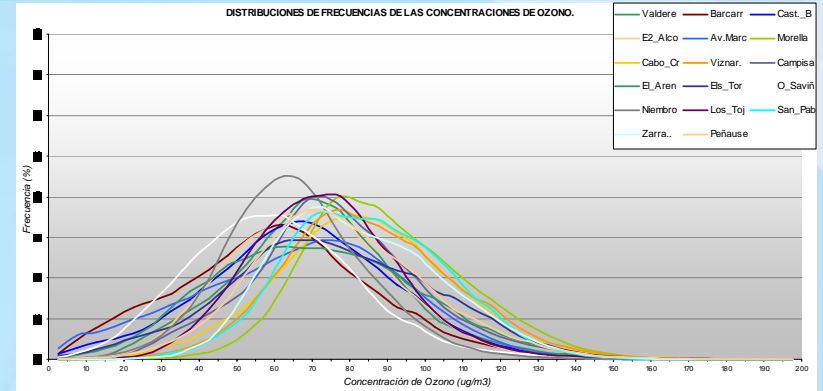
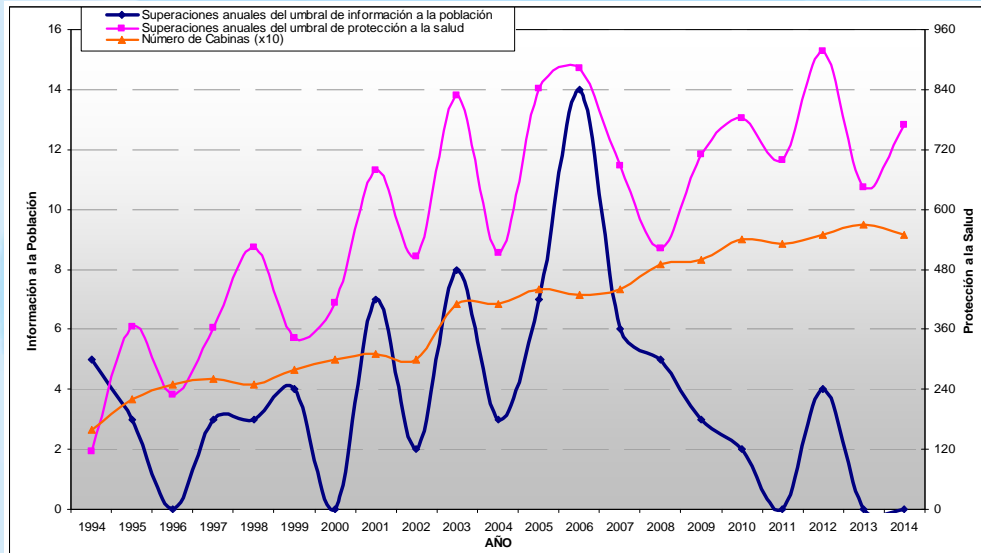
ALGETE





## TIPOLOGÍAS

## 4. Reflejo en las redes de vigilancia

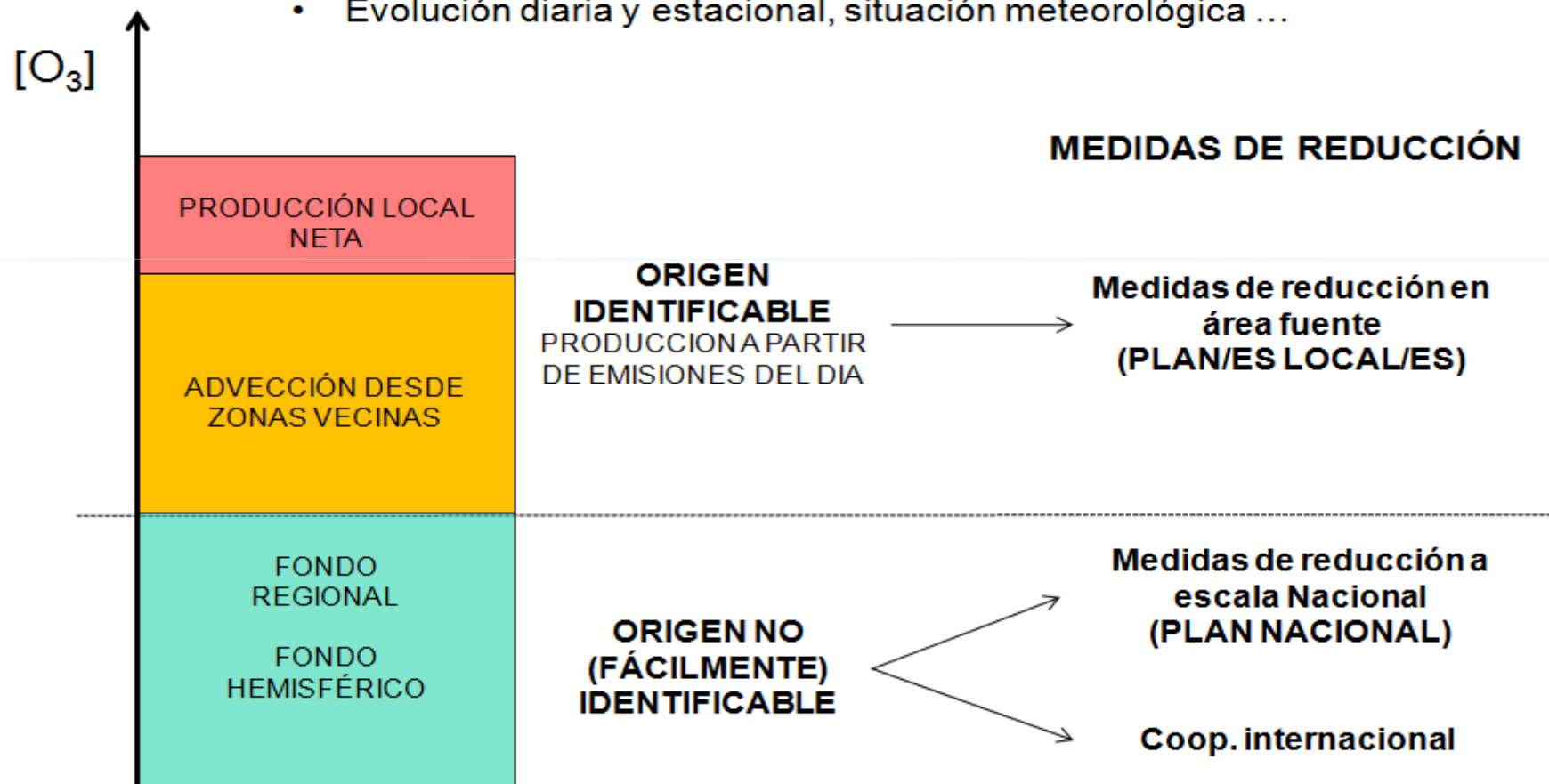




## POTENCIAL REDUCTOR 4. Reflejo en las redes de vigilancia

La cantidad relativa de cada componente varía en el espacio y en el tiempo debido a:

- Latitud, posición relativa a las fuentes de emisión, tipo de entorno, altitud ...
- Evolución diaria y estacional, situación meteorológica ...





CONSTITUYENTES

5. Implicaciones en un plan de gestión

La implementación de un plan para el control de la contaminación atmosférica se habrá de articular en torno a varias líneas maestras:

- disponibilidad de **inventarios** de emisiones;
- diagnóstico de las **necesidades de reducción** para la consecución de los objetivos de calidad;
- descripción de las **estrategias de control** de emisiones a adoptar para las reducciones previstas;
- estrategia de **validación y seguimiento** de la eficacia de los planes implementados.



## CONDICIONANTES

## 5. Implicaciones en un plan de gestión

### Aproximación General.

- **Se** demanda una respuesta de carácter climático.
- **La** descripción de los mecanismos físico/químicos debe ser suficientemente realista.
- **Las** herramientas deben recoger la interacción entre los procesos a las distintas escalas (procesos mesoescalares, sinópticos, ...).
- **La** información suele ser escasa e incompleta: usos suelo, emisiones, etc.
- **Se** precisa realizar una evaluación y gestión de la incertidumbre, así como de la información generada (orientada al cumplimiento normativo).

- ✓ **Seleccionar** unos escenarios de trabajo significativos desde el punto de vista meteorológico y fotoquímico.
- ✓ **Utilización** de técnicas avanzadas de modelización: modelo meteorológico, modelo de emisiones y modelo fotoquímico.
- ✓ **Partir** de la mejor información disponible: usos de suelo, emisiones, etc.
- ✓ **Gestión** probabilística de la información: hincapié en las diferencias más que en valores absolutos (escenario sin central térmica y escenario con central térmica), matriz de escenarios (diferentes emisiones de entrada).
- ✓ **Evaluación** a partir de la base de datos experimentales disponible.



***Gracias por su atención.***