

# El Ozono, principal contaminante del aire en el medio natural

Miguel Escudero  
mescu@unizar.es



# CUD

VIII SEMINARIO CENEAM:  
SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL  
AIRE EN LA RED DE PARQUES  
NACIONALES

Valsaín – 25 Septiembre 2018

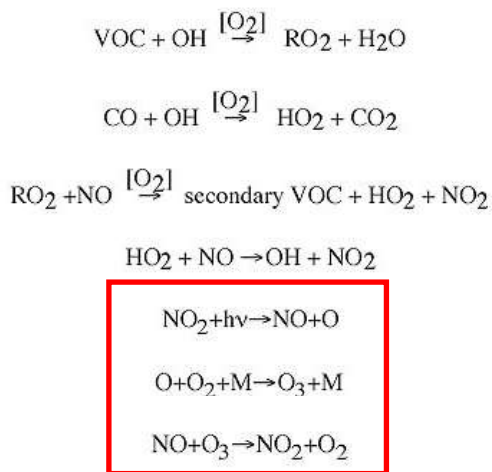


Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza

- **Introducción**
  - Fuentes y formación
  - Impactos
  - Niveles normativos
- **Variabilidad espacio-temporal**
- **Episodios de acumulación y venteo**
- **O<sub>3</sub> en Parques Nacionales de España**



# INTRODUCCIÓN: FUENTES Y FORMACIÓN



Ciclo fotoestacionario

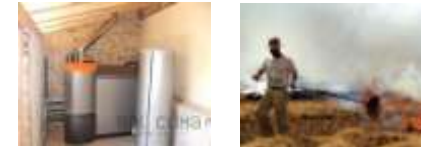
NO → NO<sub>2</sub>  
sin consumo  
de O<sub>3</sub>

+

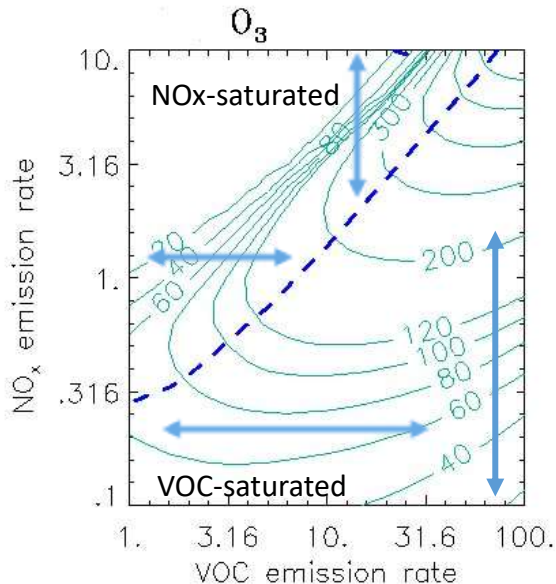
Formación  
moderada  
de O<sub>3</sub>

Fuerte  
formación  
de O<sub>3</sub>

Fuentes de precursores antropogénicas



Fuentes de precursores naturales



**Marcado carácter no lineal**

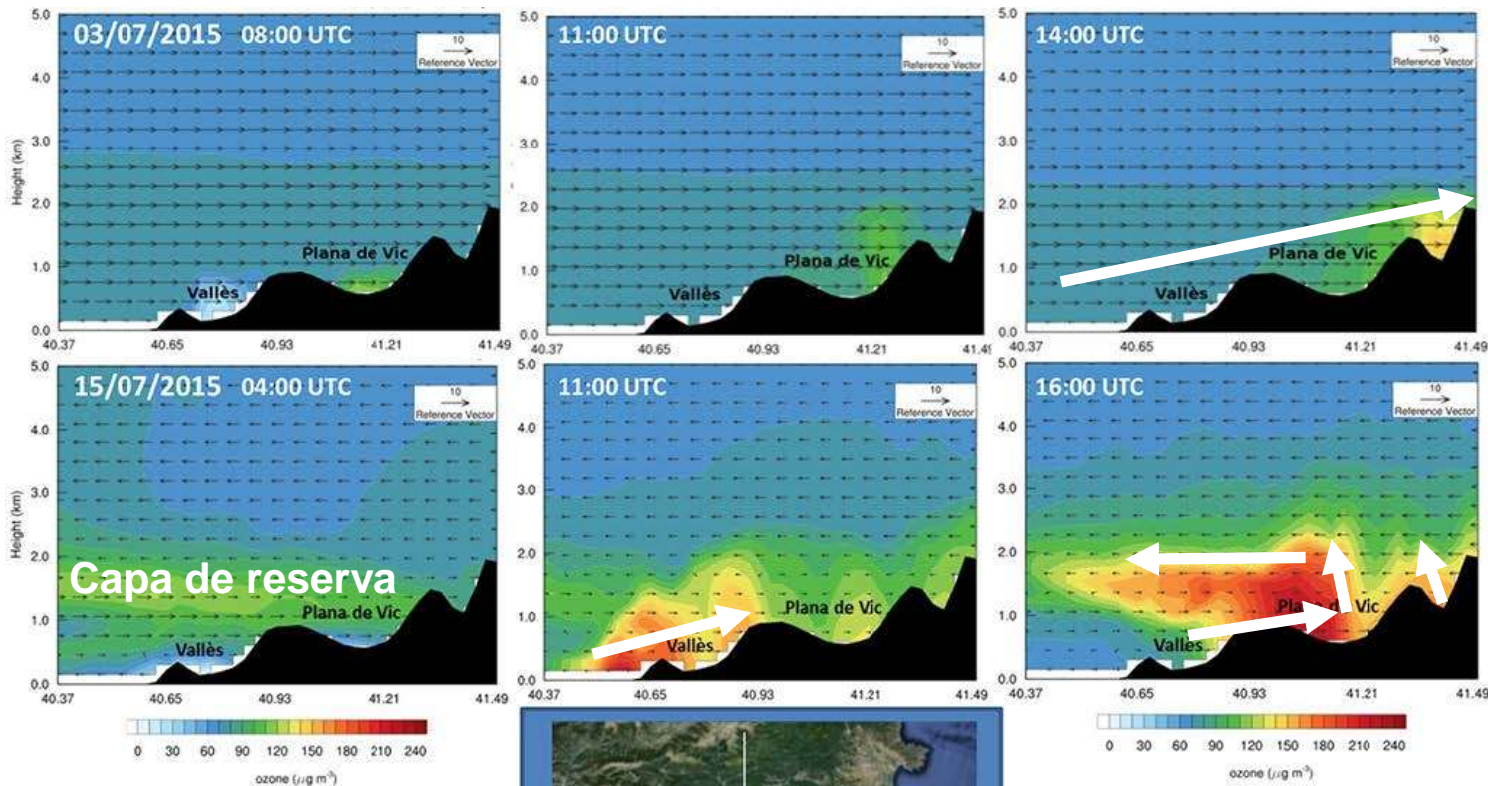
Alto NO<sub>x</sub>/VOC : Condiciones NO<sub>x</sub>-saturado o VOC-sensible

Alto VOC/NO<sub>x</sub> : Condiciones VOC-saturado o NO<sub>x</sub>-sensible



# INTRODUCCIÓN: FUENTES Y FORMACIÓN

## Influencia de la orografía



Sin recirculación  
(episodio abierto)

Con recirculación  
(episodio cerrado)



Querol et al., Phenomenology of high-ozone episodes in NE Spain, ACP (2017)

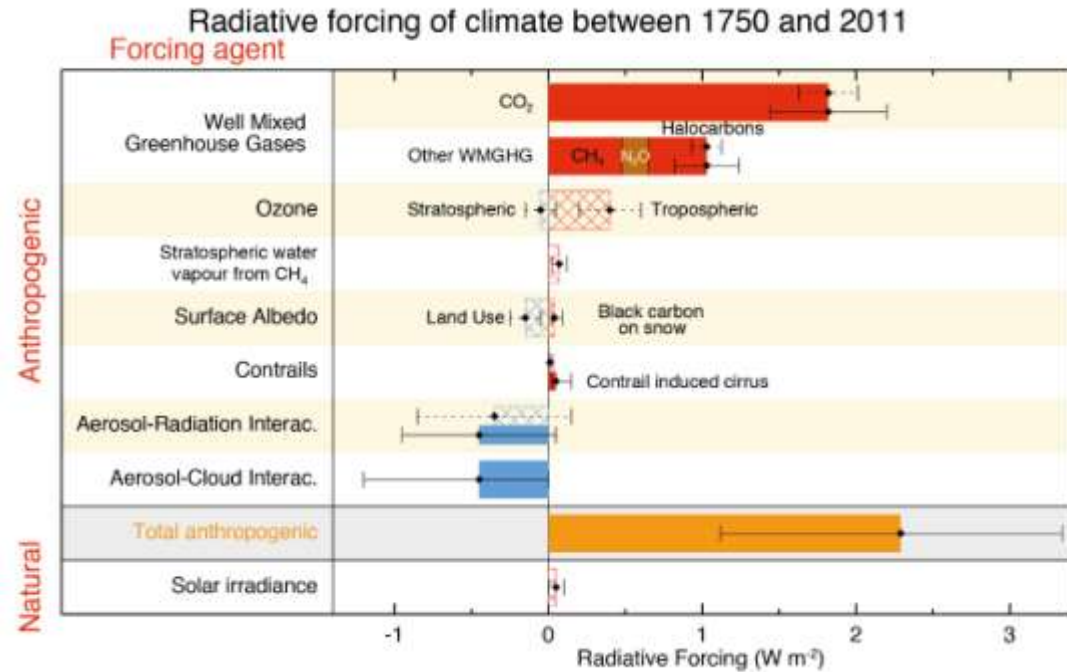
# INTRODUCCIÓN: IMPACTOS

## Sobre el medio natural



- Senescencia (reducción crecimiento) de las plantas
- Reducción en le productividad de cultivos
- Efectos visibles
- Alteración en los tejidos

## Sobre el clima

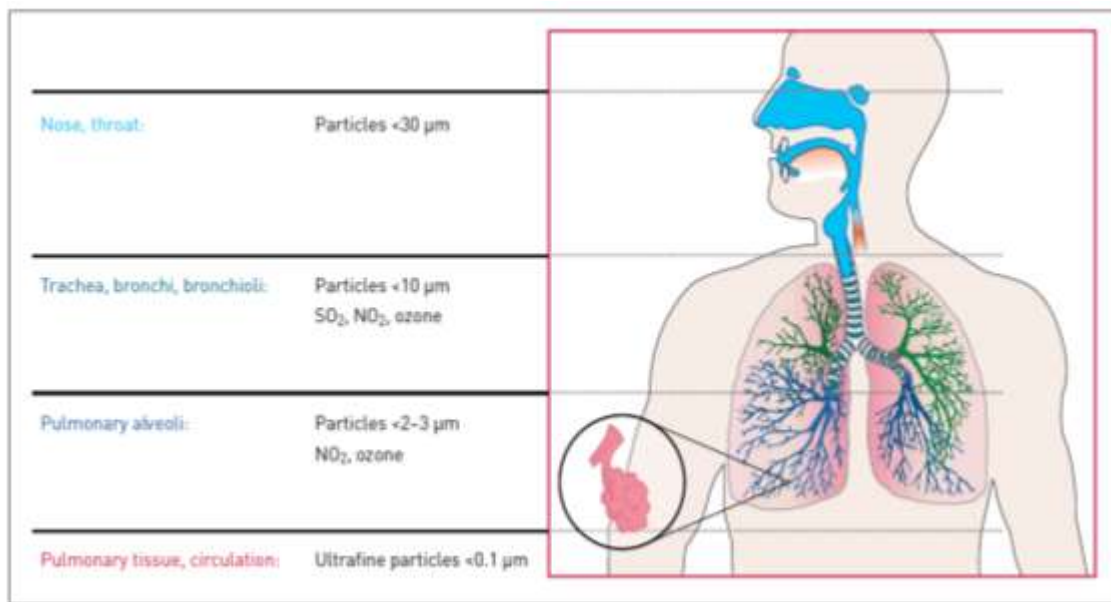


- Estimación de forzamiento radiativo global del ozono troposférico de 0.40 (0.20-0.60)  $W m^{-2}$
- Tercer componente en forzamiento positivo
- Efecto indirecto por su impacto negativo sobre la vegetación que pueden reducir su capacidad de captación de CO<sub>2</sub>



# INTRODUCCIÓN: IMPACTOS

## Sobre la salud



- La proporción de población urbana de la EU expuesta a concentraciones que exceden los niveles guía de la OMS alcanza el 95%
- En la EU-28 se estima que en 2014 murieron 13 600 personas prematuramente por efecto de la exposición a  $\text{O}_3$

### Efectos:

- Aumento de la mortalidad y morbilidad
- Reducción transitoria de la función pulmonar
- Irritación de las vías aéreas
- Agravamiento del asma

# INTRODUCCIÓN: DIRECTIVA 2008/50/CE

## Valores objetivo

Objetivo	Período de promedio	Valor objetivo	Fecha en la que debe cumplirse (1)
Protección de la salud humana	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias (2)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : no podrá superarse más de 25 días por año civil, promediados en un período de tres años (3)	1.1.2010
Protección de la vegetación	Mayo a julio	AOT40 (calculada a partir de valores horarios) 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ promediados en un período de cinco años (3)	1.1.2010

*AOT40 expresado en [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{horas}$ ] significa la suma de las diferencias entre las concentraciones horarias superiores a 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (= 40 ppm) y 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante un período determinado, utilizando únicamente los valores horarios medidos diariamente entre las 8.00 y las 20.00, hora central europea (CET)*

## Umbrales de información y de alerta para el ozono

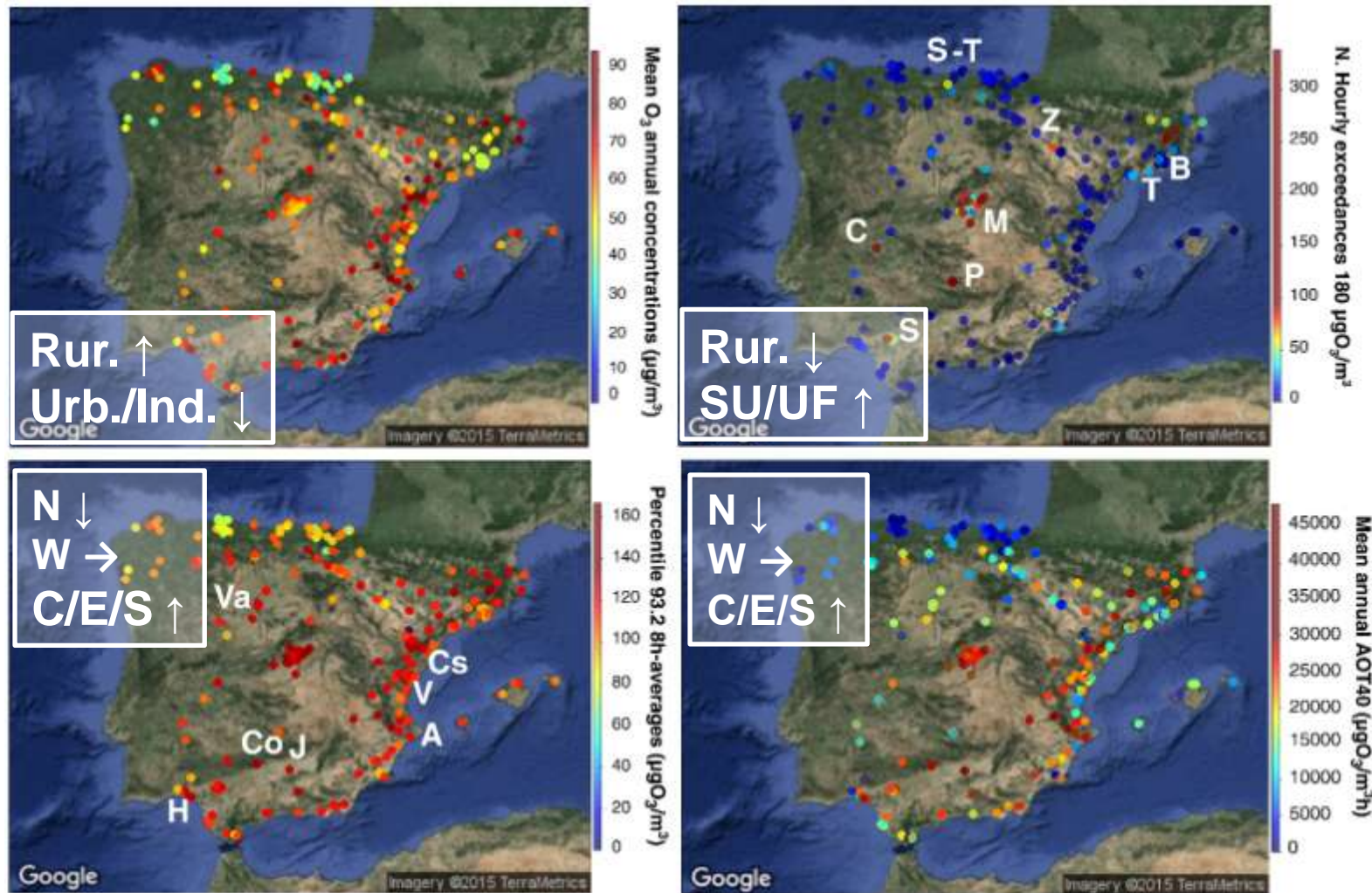
Objeto	Período medio	Umbral
Información	1 hora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alerta	1 hora (1)	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(1) Para la aplicación del artículo 24, la superación del umbral deberá medirse o estar previsto durante 3 horas consecutivas.



# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DEL O<sub>3</sub>

Datos 2000-2015 (245 series temporales)



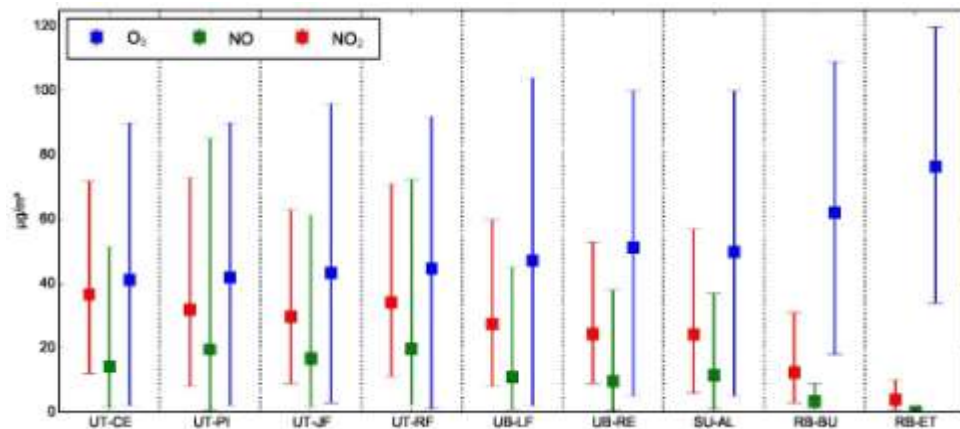
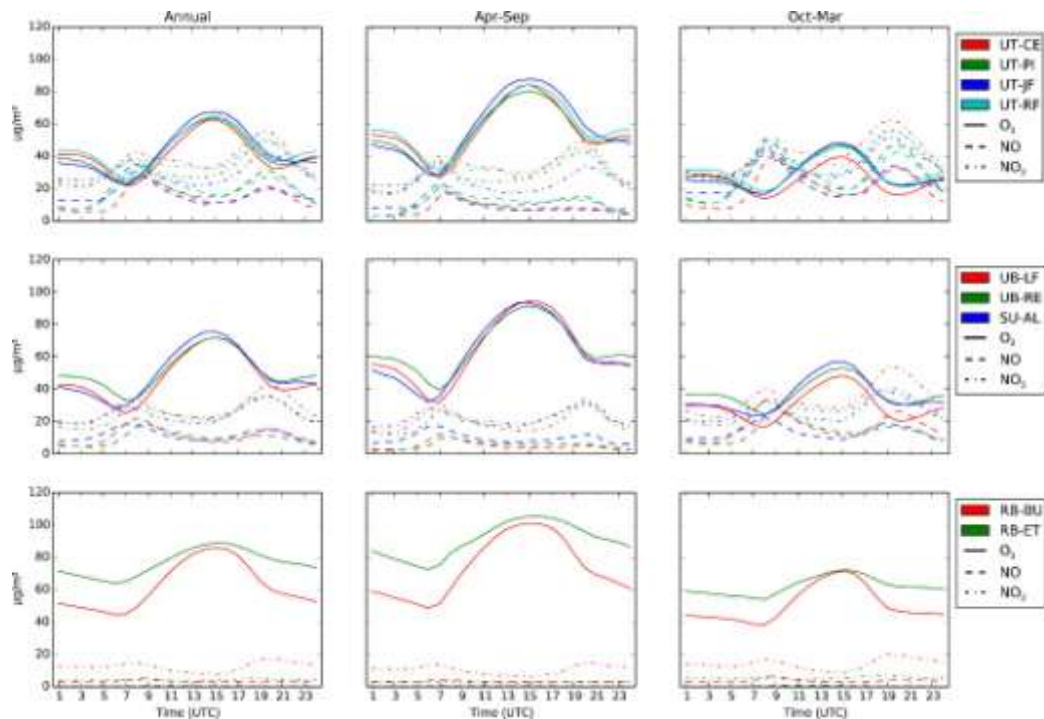
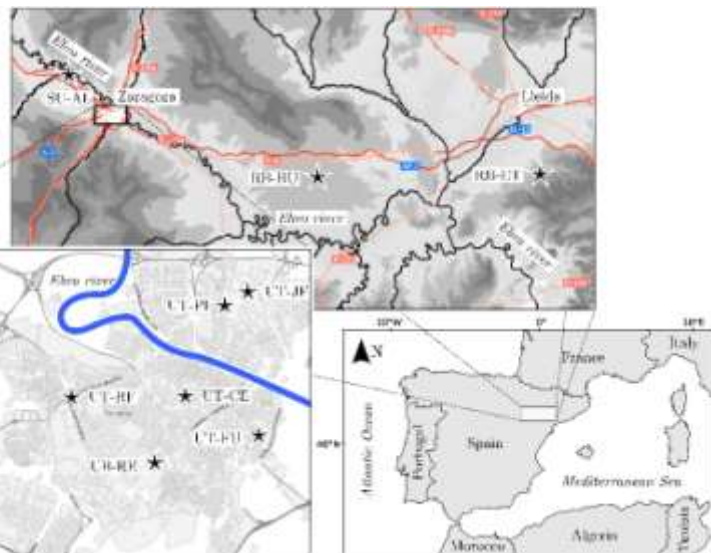
Querol et al., On the origin of the highest ozone episodes in Spain, STOTEN (2016)





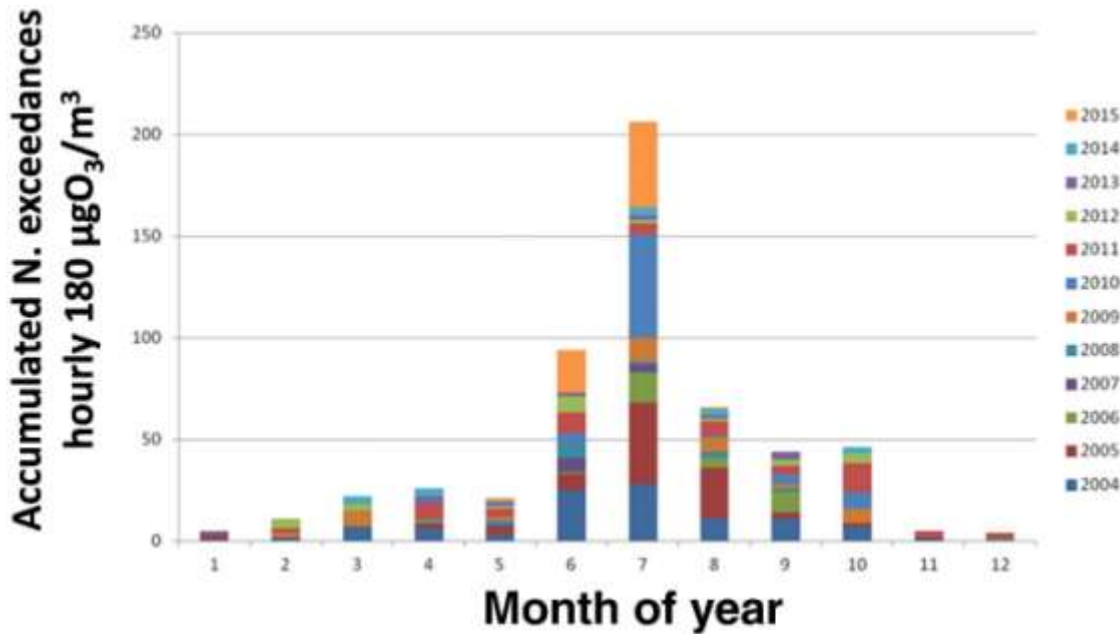
# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DEL O<sub>3</sub>

Datos 2007-2012

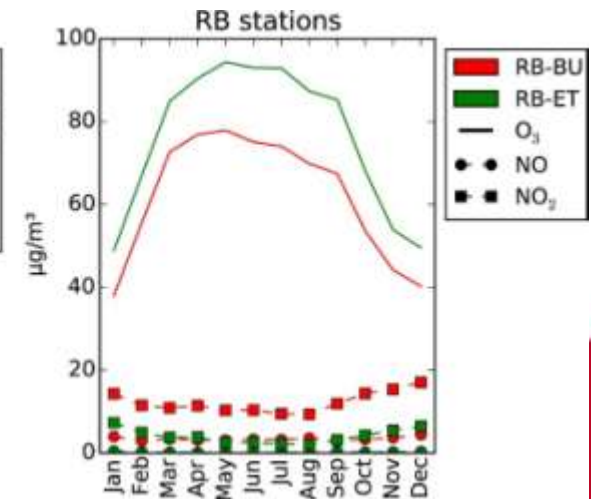
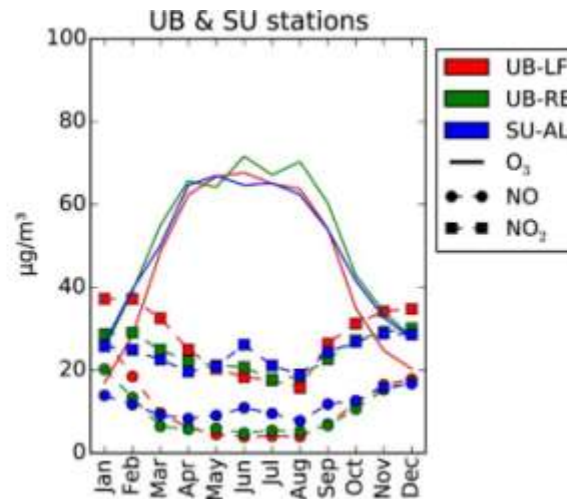
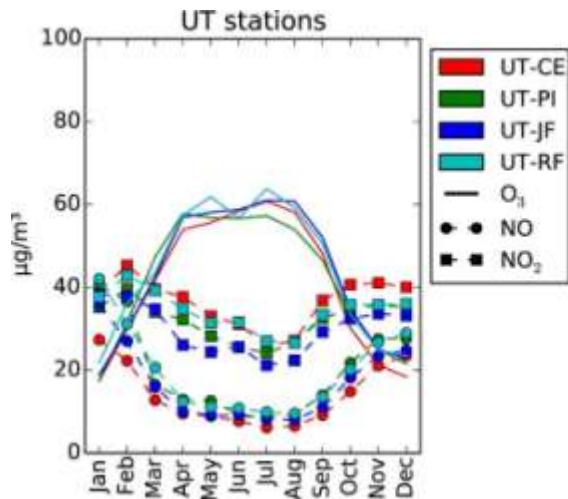


*Escudero et al., Urban influence on increasing ozone concentrations in a characteristic Mediterranean agglomeration, ATMENV (2014)*

# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DEL O<sub>3</sub>

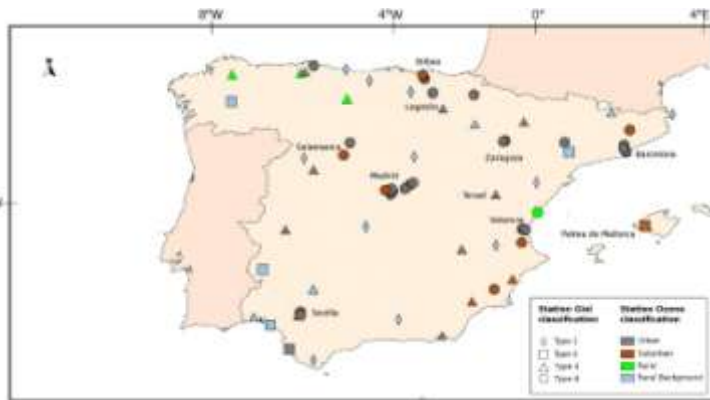


Querol et al., On the origin of the highest ozone episodes in Spain, STOTEN (2016)



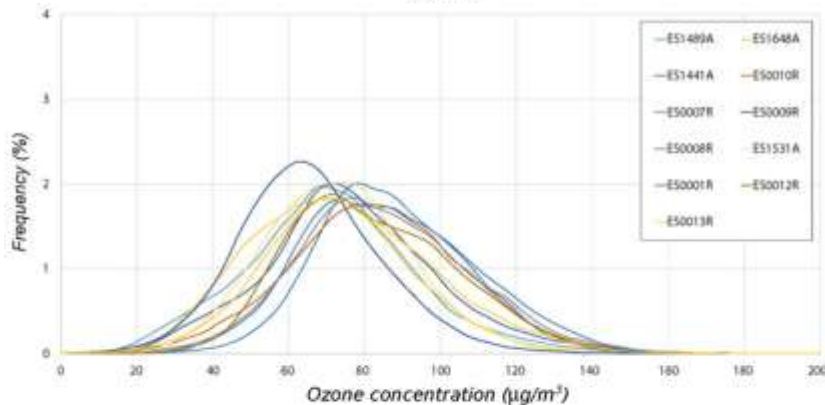
Escudero et al., Urban influence on increasing ozone concentrations in a characteristic Mediterranean agglomeration, ATMENV (2014)

# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DEL O<sub>3</sub>

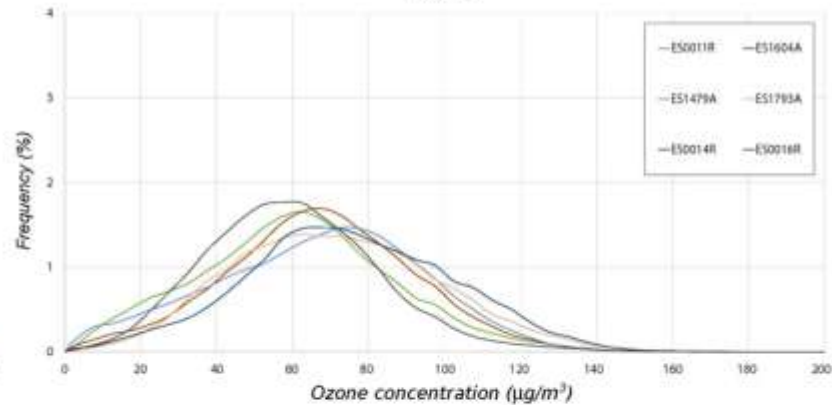


Tapia et al., New classification scheme for ozone monitoring stations based on frequency distribution of hourly data, STOTEN (2016)

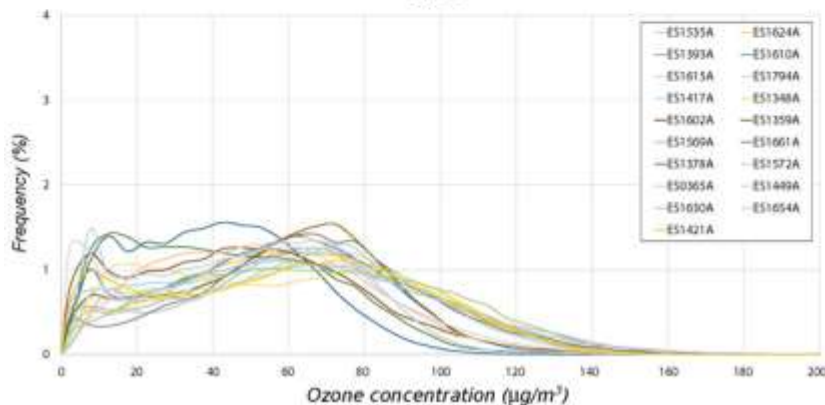
Type 1



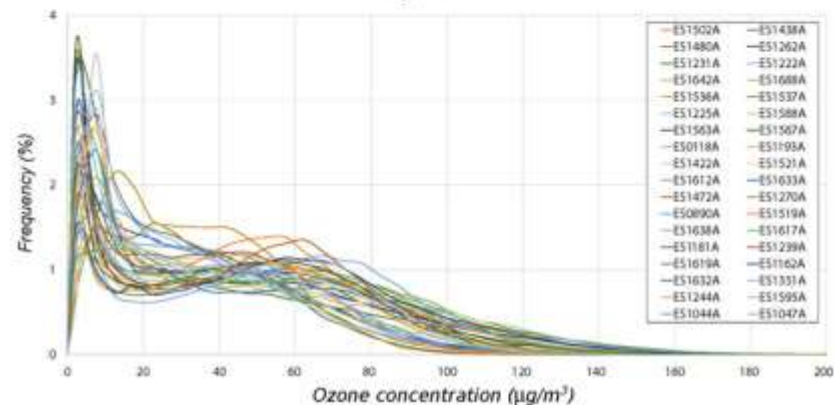
Type 2



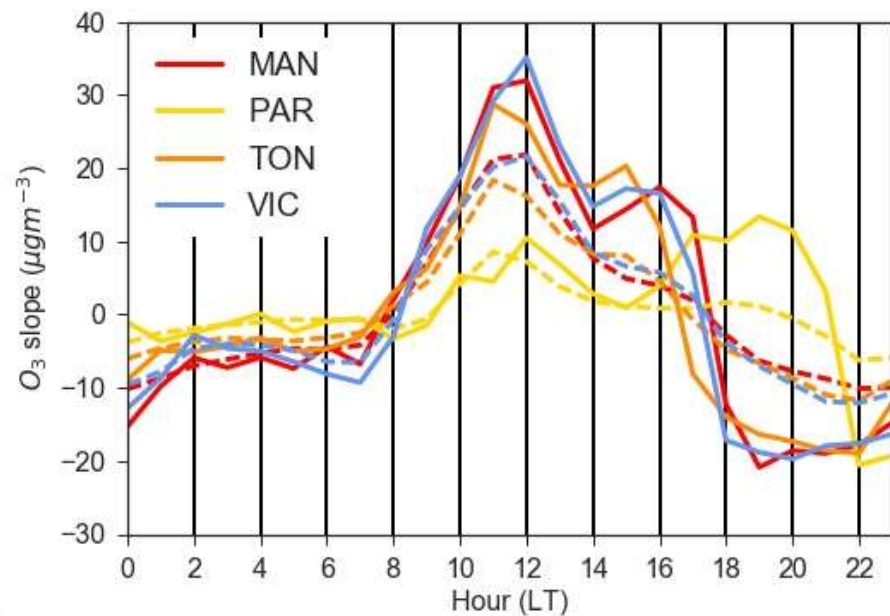
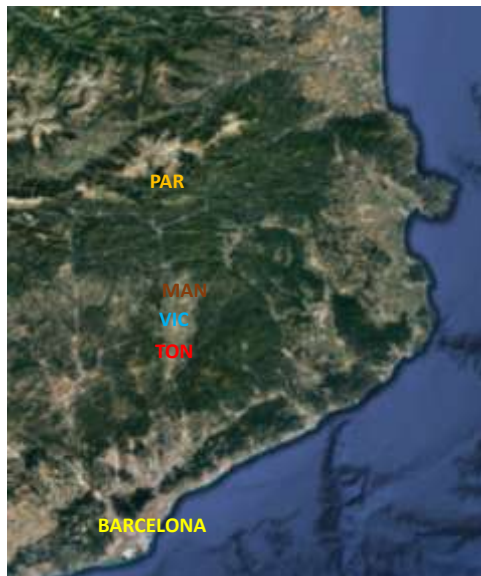
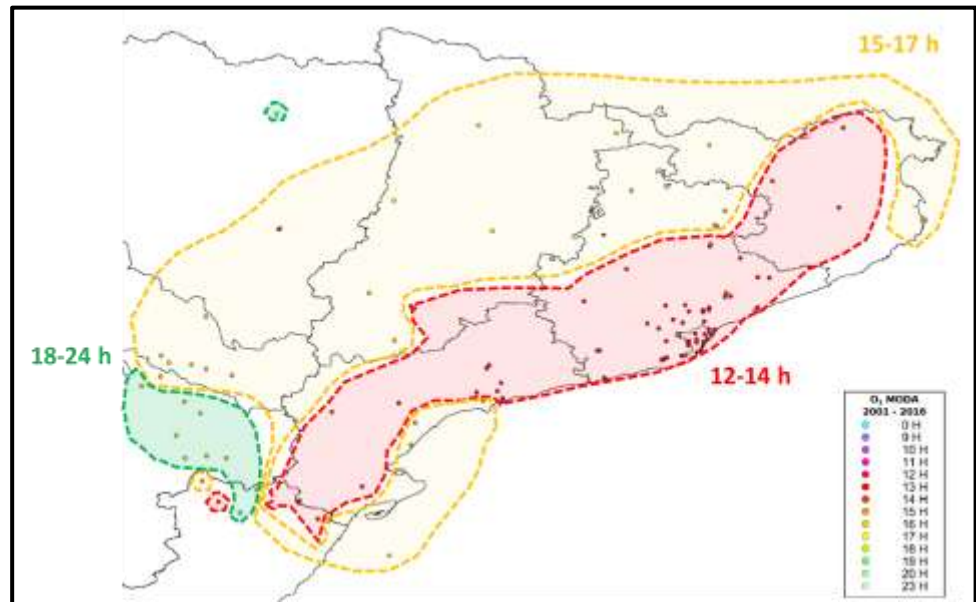
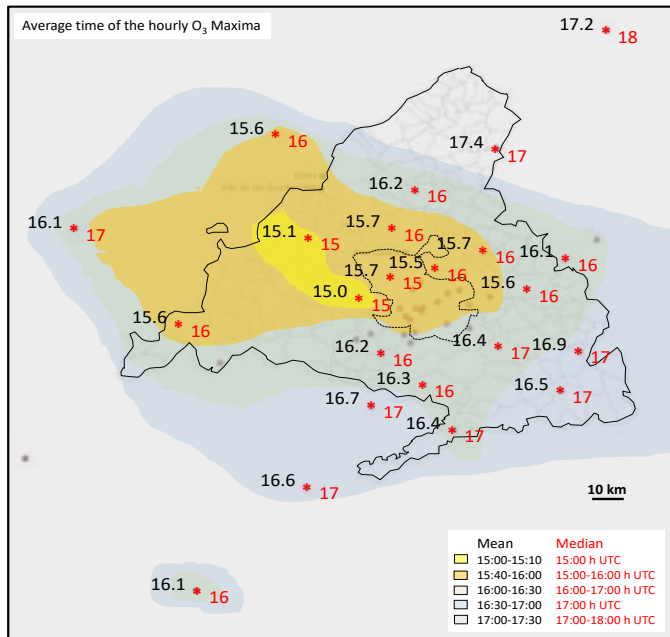
Type 3



Type 4



# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DEL O<sub>3</sub>



# EPISODIOS DE ACUMULACIÓN Y VENTEO

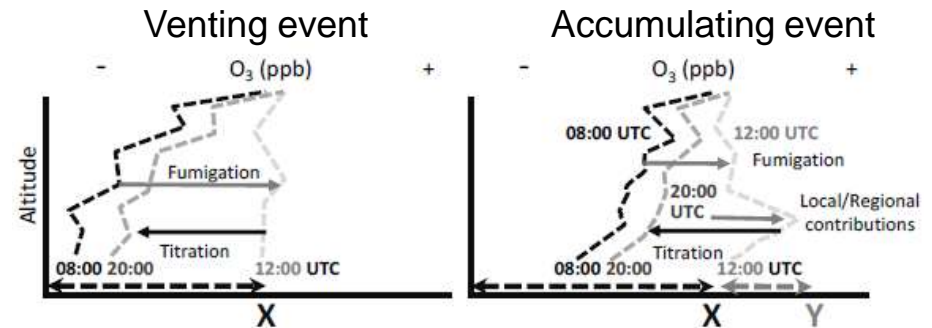
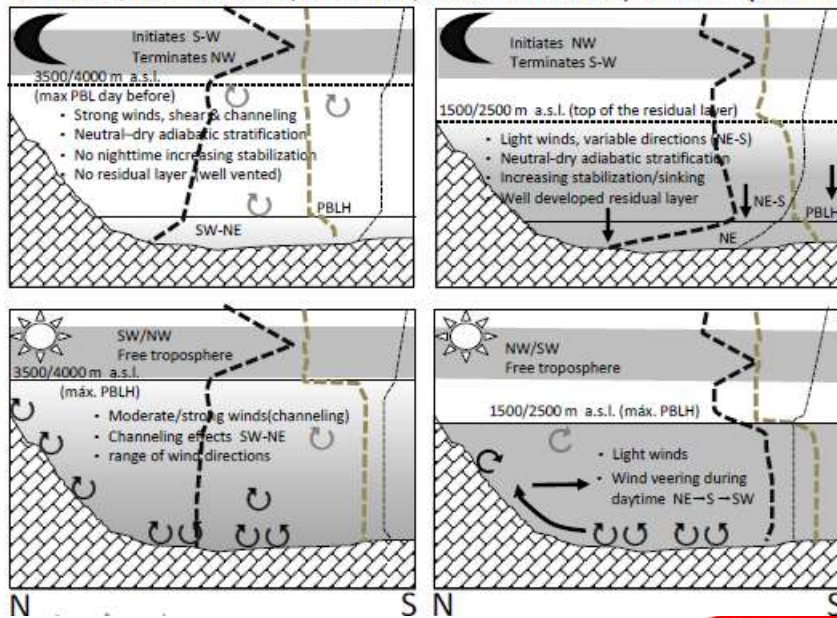
## Episodios de acumulación

- Activados con una capa de mezcla relativamente poco profunda al principio del día (1500 m s.n.m.)
- Altura más baja que la sierra de Guadarrama → recirculación, enriquecimiento de O<sub>3</sub> y formación de capas de reserva
- Perfiles verticales con máximos cerca de la superficie
- Procesos principales: Fumigación + formación local

## Episodios de venteo

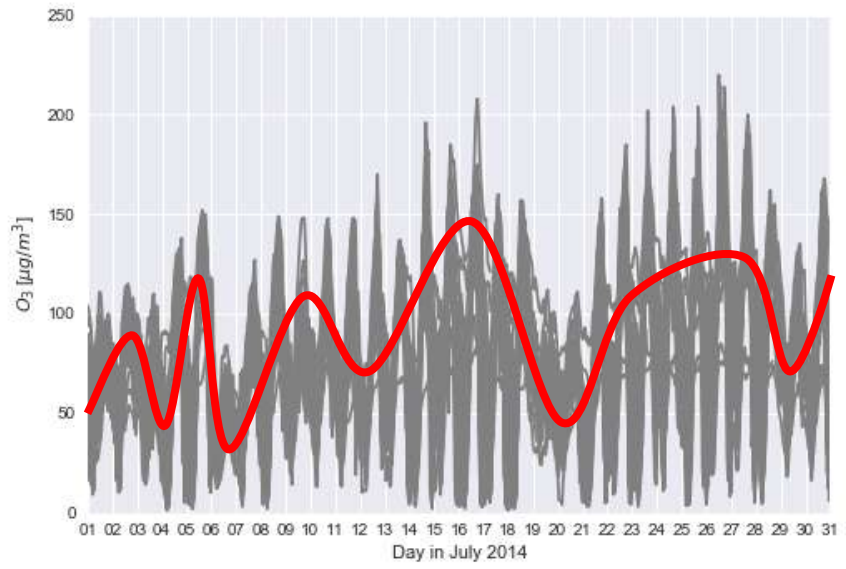
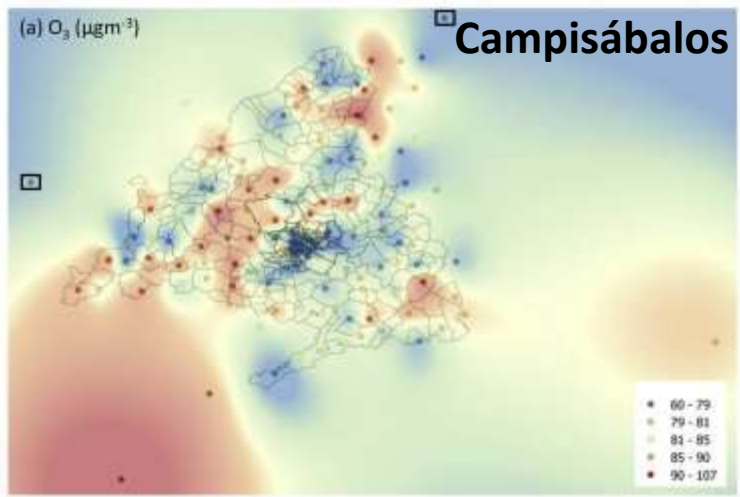
- Vientos sinópticos más intensos que evitan la formación de capas de reserva
- Capa de mezcla más profunda (>2000 m s.n.m.)
- Perfil vertical creciente con la altura
- Proceso principal: Fumigación

### VENTING/TROUGHING (VT EVENT) ACCUMULATING/RIDGING (AR EVENT)

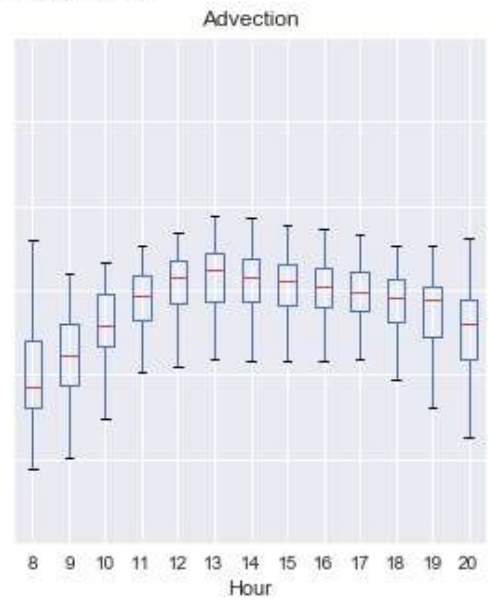
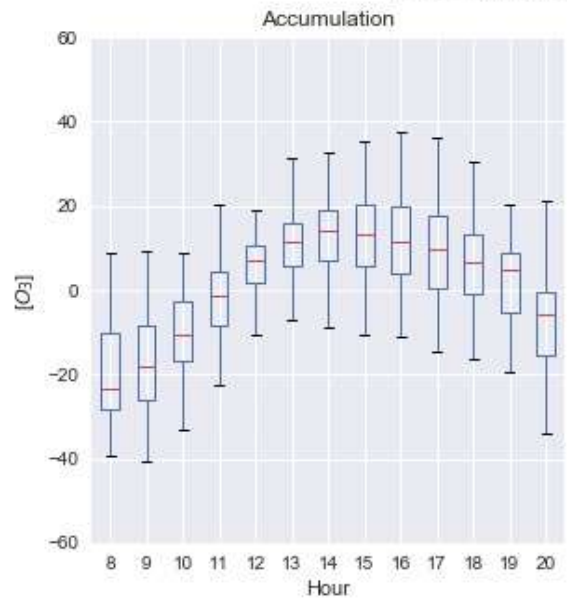


Querol et al., Phenomenology of summer ozone episodes over the Madrid Metropolitan Area, central Spain, ACPD (2018)

# EPISODIOS DE ACUMULACIÓN Y VENTEO



Delta with respect to Campisábalos



# EPISODIOS DE ACUMULACIÓN Y VENTEO

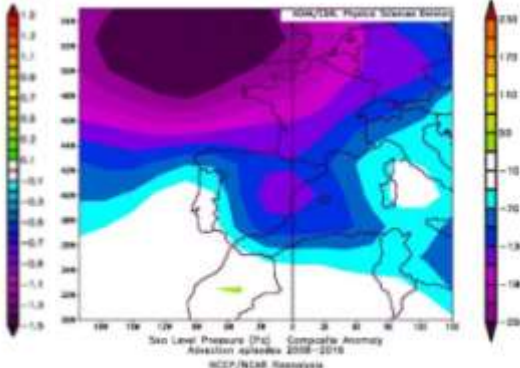
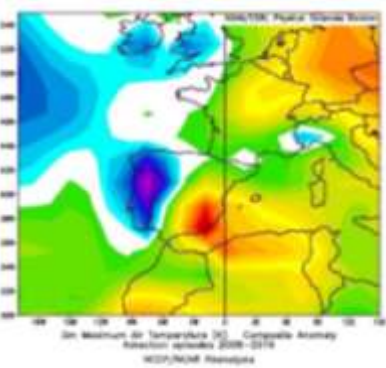
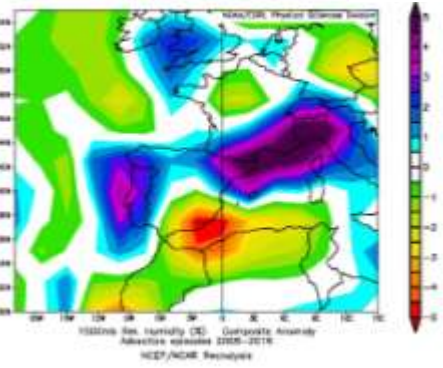
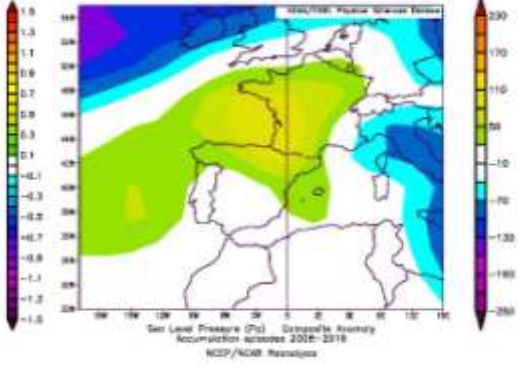
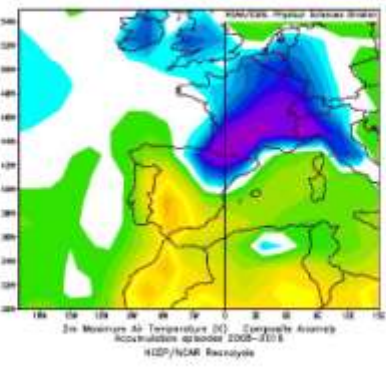
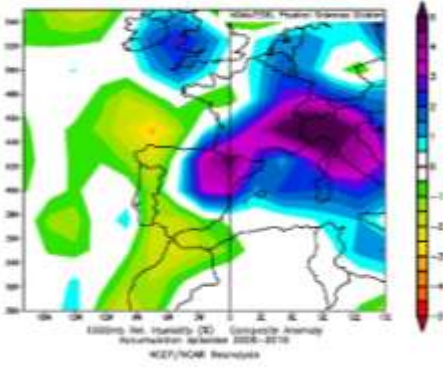
Anomalía de la humedad relativa

Anomalía de la temperatura máxima en superficie

Anomalía de la presión en superficie

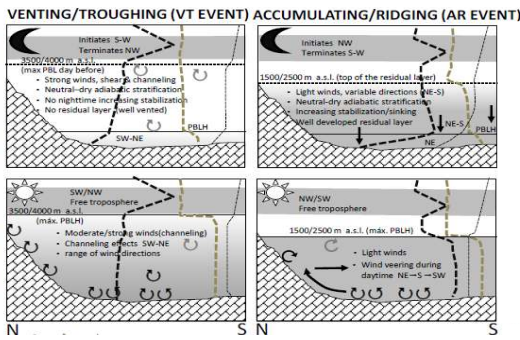
Acumulación

Venteo

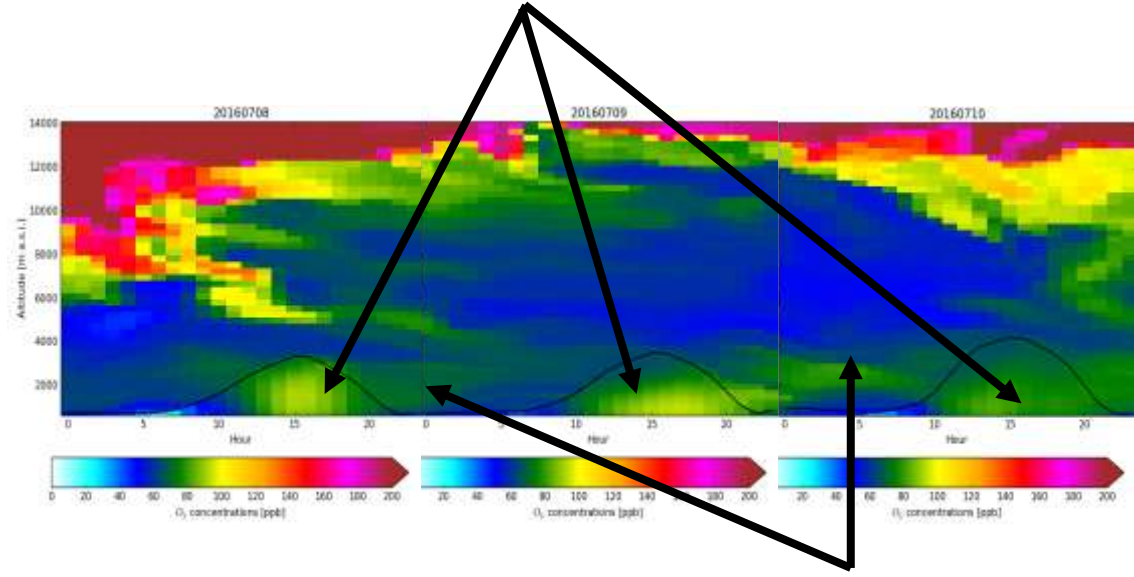


# RESUMEN: PROCESOS QUE MODULAN LOS NIVELES DE O<sub>3</sub> TROPOSFÉRICO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

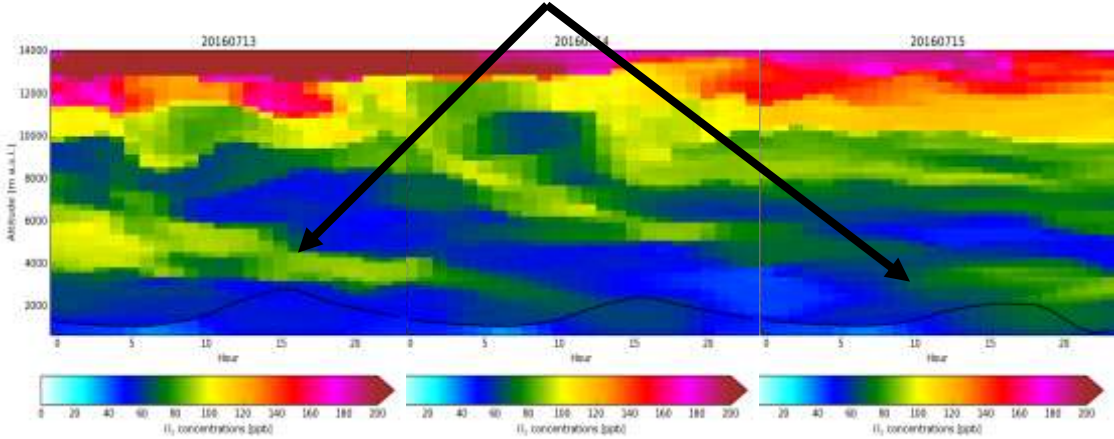
## A. Fumigación



## B. Formación local



## D. Intrusiones estratosféricas



## C. Transporte regional (capas de reserva)

## E. Transporte hemisférico

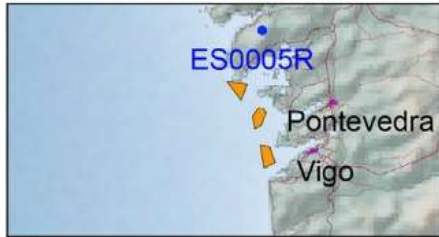


# O<sub>3</sub> EN PARQUES NACIONALES

*Escudero et al., Assessment of the variability of atmospheric pollution in National Parks of mainland Spain, STOTEN (2016)*

Datos 2008-2012

IAT NP



PEU NP



ORD NP



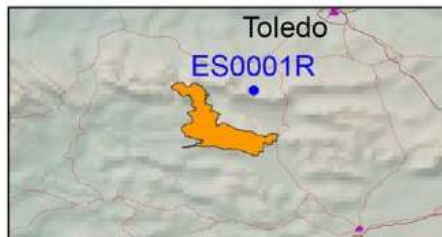
MON NP



AIG NP



CAB NP



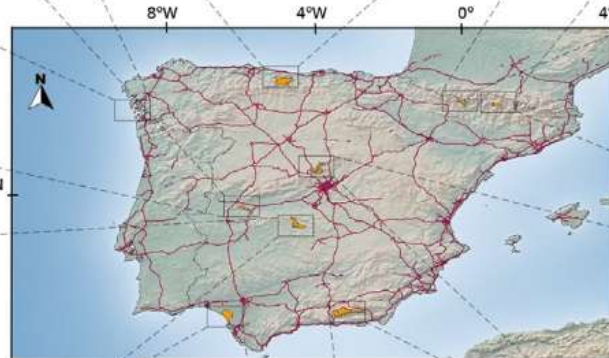
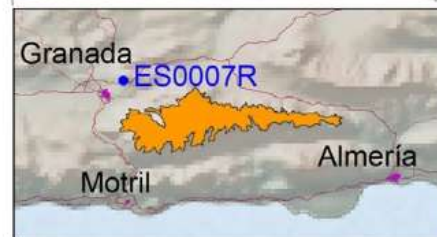
GUA NP



DON NP

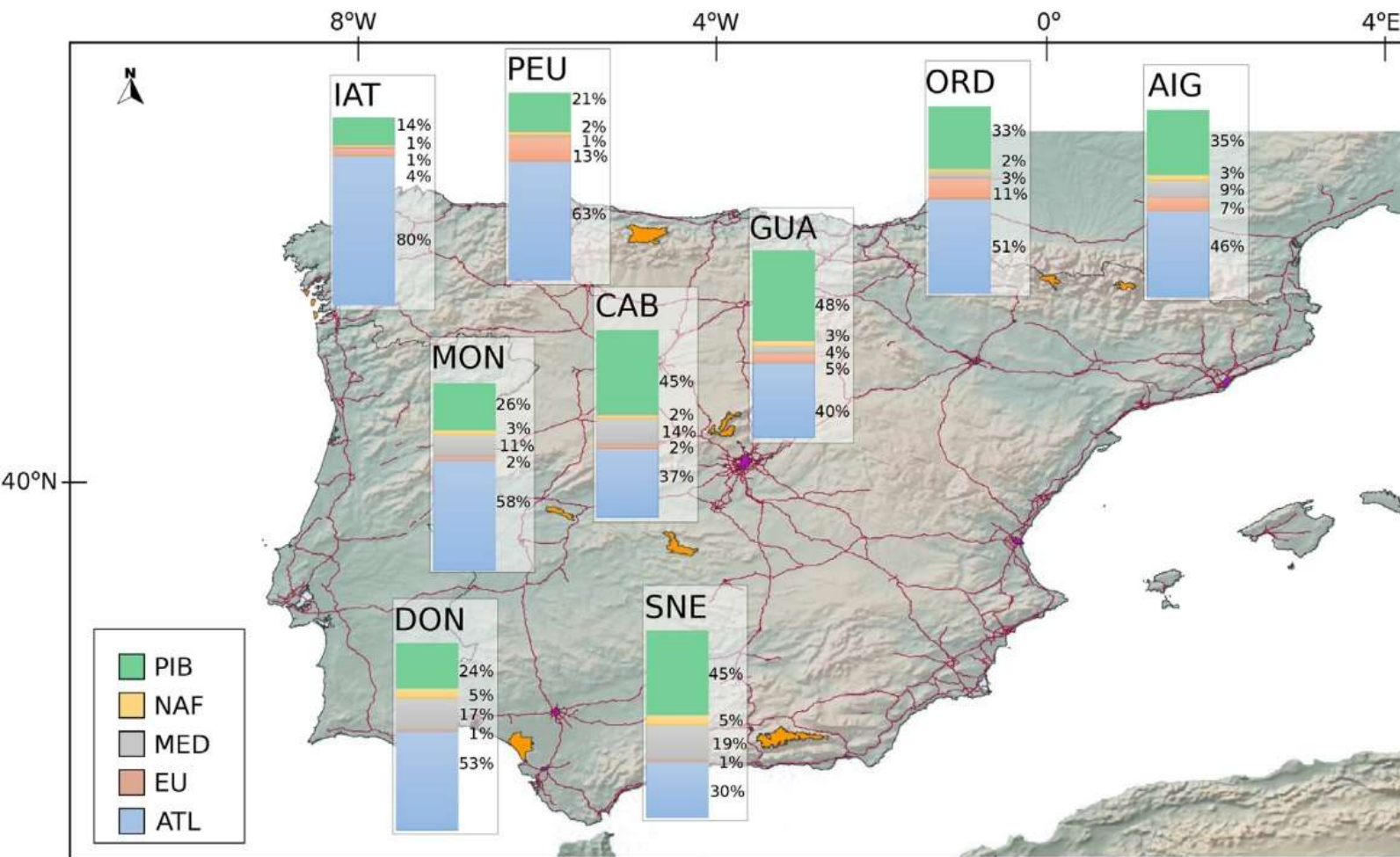


SNE NP



# O<sub>3</sub> EN PARQUES NACIONALES

Análisis de origen de masas de aire mediante retrotrayectorias a 48h (HYSPLIT4)



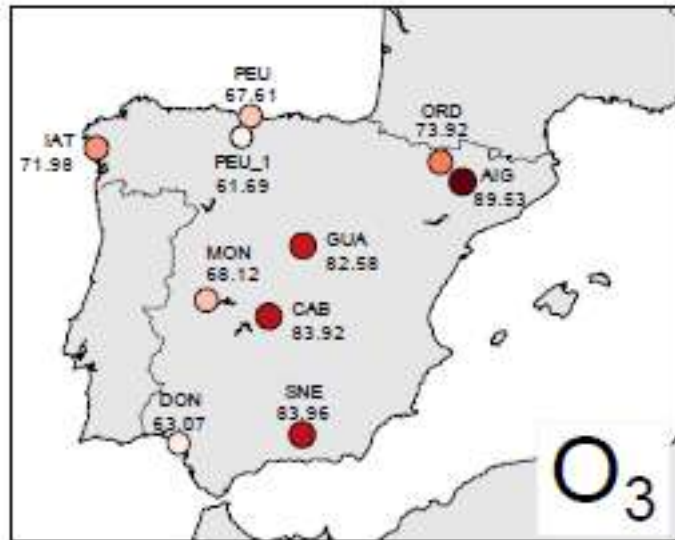
Escudero et al., Assessment of the variability of atmospheric pollution in National Parks of mainland Spain, STOTEN (2016)



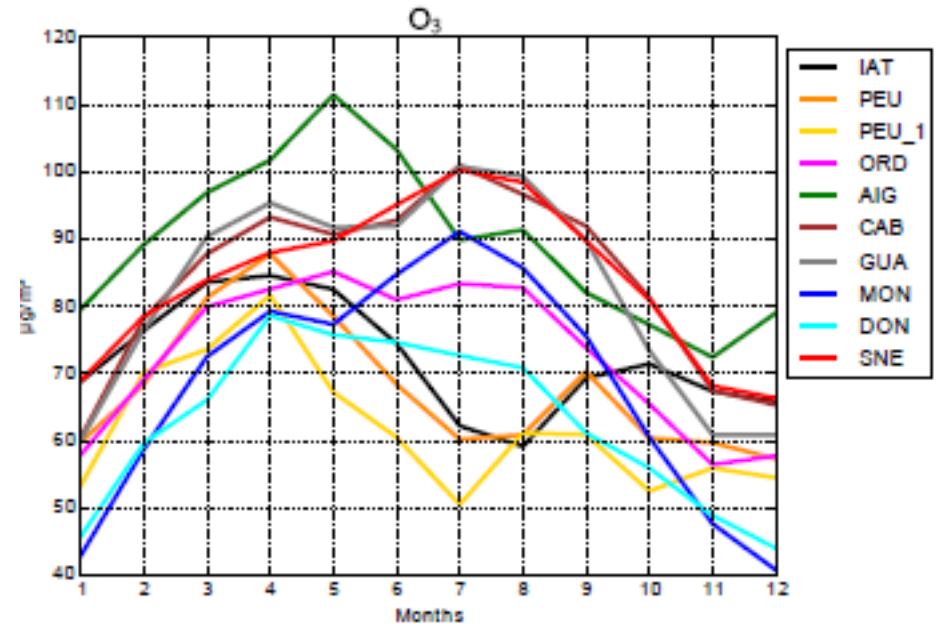
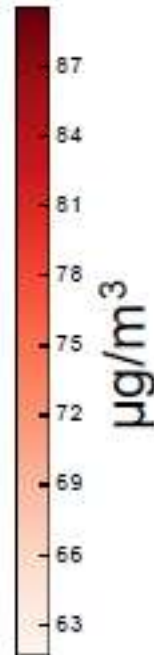
Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza

# O<sub>3</sub> EN PARQUES NACIONALES

## Niveles promedio



Gradiente NW-SE

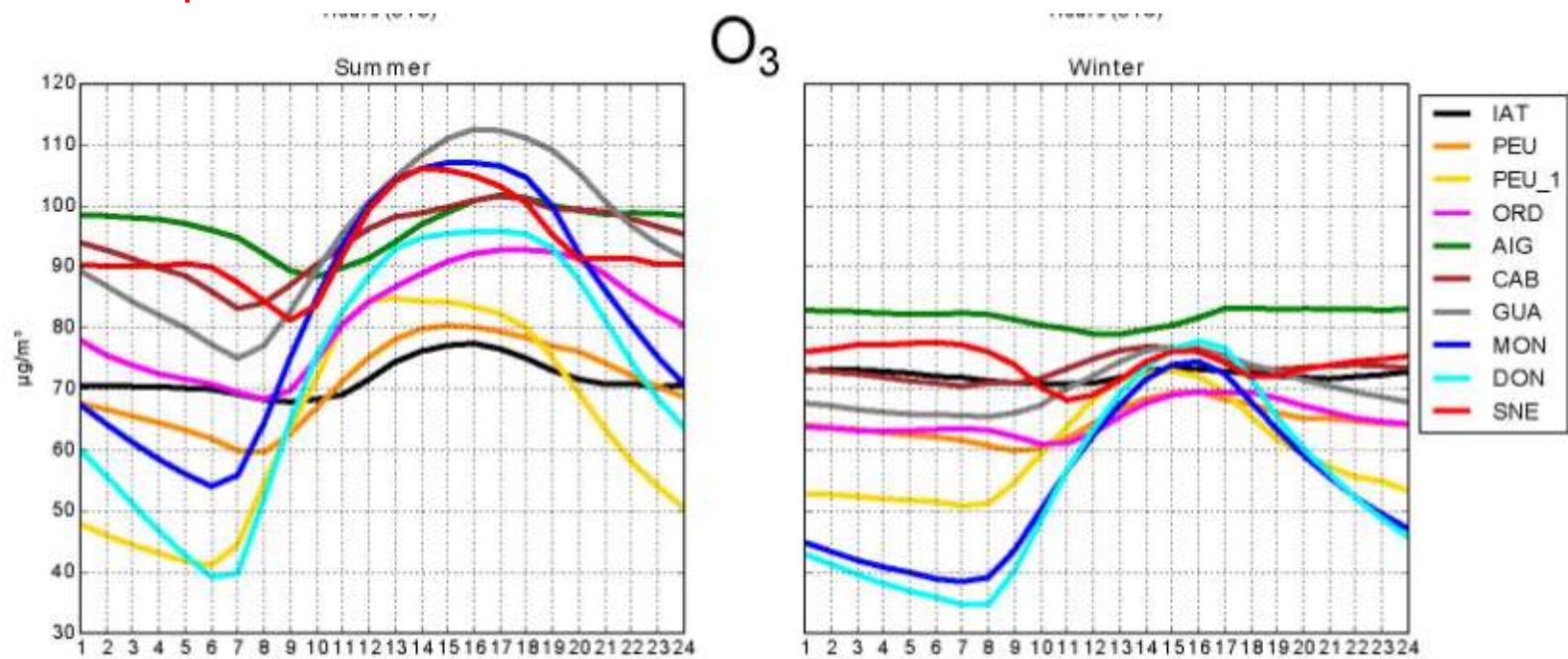


- Máximos verano-primavera
- Concentraciones promedio en primavera son máximos anuales especialmente el W y el N (más estudio necesario para interpretar esto pero puede tener que ver con la caída de la radiación solar en esas zonas)

Escudero et al., Assessment of the variability of atmospheric pollution in National Parks of mainland Spain, STOTEN (2016)

# O<sub>3</sub> EN PARQUES NACIONALES

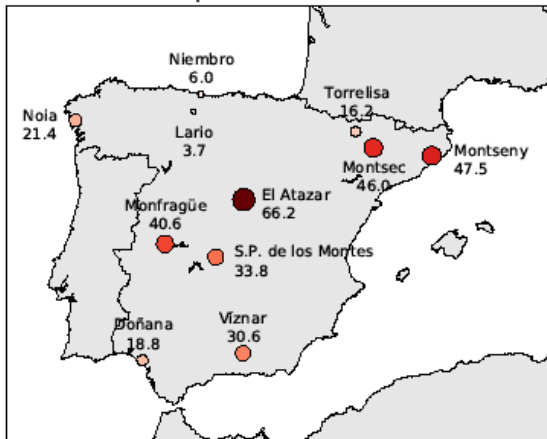
## Ciclos promedio



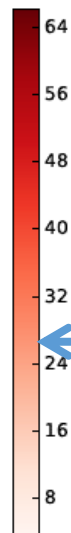
Station code	Name	Network	Lat. (° N)	Long. (°E)	Alt. (m.a.s.l.)
ES0005R	Noia	EMEP	42.72	-8.92	685
ES1989A	Lario	Castilla y León	43.04	-5.09	1140
ES0008R	Niembro	EMEP	43.44	-4.85	115
ES1883A	Torrelisa	Aragón	42.46	0.18	1005
ES1982A	Montsec	Catalunya + IDAEA-CSIC	42.05	0.73	1570
ES1802A	El Atazar	Madrid	40.91	-3.47	940
ES0001R	SP de los Montes	EMEP	39.55	-4.35	917
ES1616A	Monfragüe	Extremadura	39.85	-5.94	376
ES0017R	Doñana	EMEP	37.05	-6.56	5
ES0007R	Viznar	EMEP	37.24	-3.53	1230

# O<sub>3</sub> EN PARQUES NACIONALES

Promedio de superaciones anuales 2008-2012

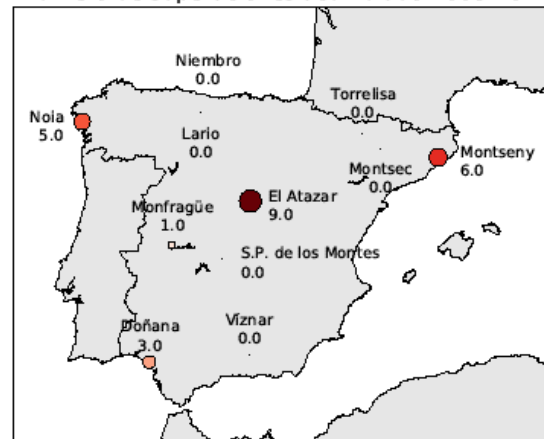


Promedio de días con superación de 120 µg/m<sup>3</sup> en la serie octohoraria móvil

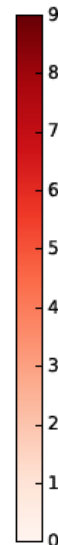


Valor objetivo para protección de la salud (25)

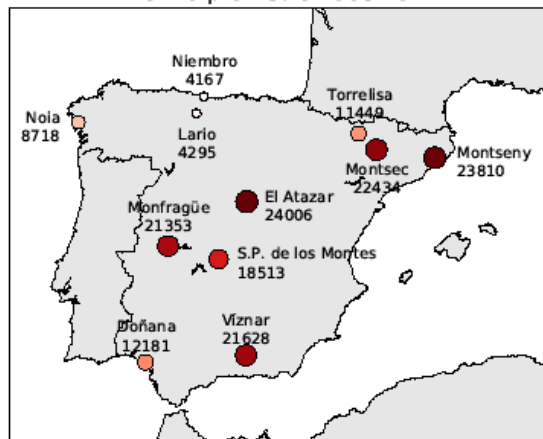
Número de superaciones acumulado 2008-2012



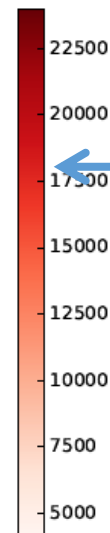
Superaciones del umbral de información a la población (180 µg/m<sup>3</sup>)



AOT40 promedio 2008-2012



AOT40 promedio



Valor objetivo para protección de la vegetación (18000 µg/m<sup>3</sup> x h)



# CONCLUSIONES

- El O<sub>3</sub> ejerce efectos negativos sobre los ecosistemas, la salud y el clima lo que lleva asociado un impacto económico importante
- El Mediterráneo presenta los niveles más elevados en Europa de O<sub>3</sub>
- La variabilidad de los niveles de O<sub>3</sub> en una ubicación muestra dependencias con los siguientes factores:
  - Condiciones meteorológicas/climáticas
  - Orografía
  - Emisiones de precursores (NO<sub>x</sub>, COVs)
- Modelo conceptual para interpretar los niveles de O<sub>3</sub> considera los siguientes procesos:
  - Fumigación vertical
  - Formación/Destrucción local
  - Transporte regional
  - Intrusiones estratosféricas
  - Transporte hemisférico

Por los impactos negativos, se antoja necesario monitorizar los niveles de O<sub>3</sub> troposférico en la red de Parques Nacionales con una estrategia optimizada y particularizada para cada parque



# AGRADECIMIENTOS

## Financiación



Programa 'José Castillejo'  
(CAS17/00108)



Project HOUSE  
(CGL2016-629 78594-R)



Project CUD 2016-05



Project AQ-NAT

## Colaboración



HANYANG UNIVERSITY

## Provisión de datos



Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza

# Muchas gracias

Miguel Escudero  
mescu@unizar.es

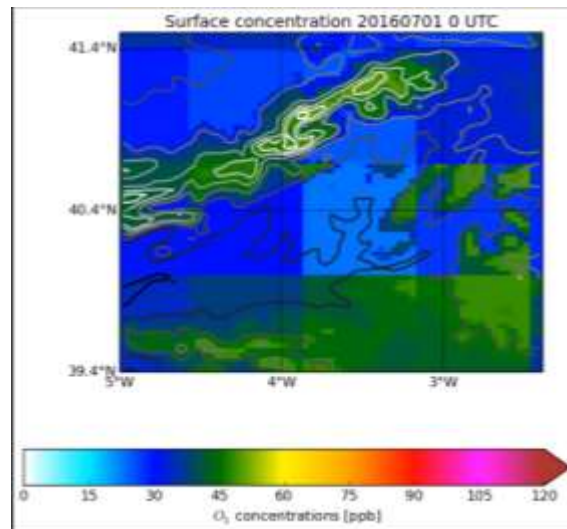
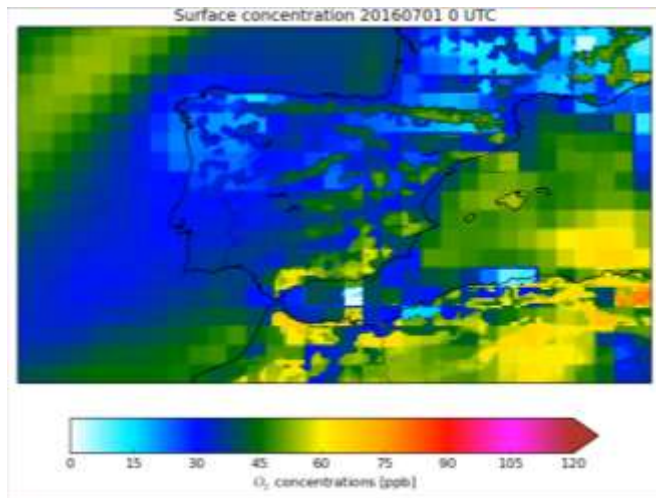


**Centro Universitario  
de la Defensa** Zaragoza  
cud.unizar.es

Academia General Militar · Ctra. Huesca s/n · 50090 Zaragoza · 976 739 500



# SIMULACIÓN JULIO 2016



Local/regional formation  
8/7  
Stratospheric intrusion  
12-15/7

