

Improvement of emission inventories for air quality modelling

12th project: *Adaptation and implementation of a numerical model for air quality forecasting*

Jon Arrizabalaga Ibarzabal

Alberto Cansado Auría

Air Quality Modelling Group

Applications Area, Dept. Development and Applications

AEMet

Index

- 1) Background
- 2) Discrepancies
- 3) Uncertainty in emission inventories
- 4) Available emission inventories for MOCAGE
 - TNO/GEMS
 - CIEMAT
 - TNO/MACC
- 5) Updating emission data of MOCAGE
- 6) Future improvements

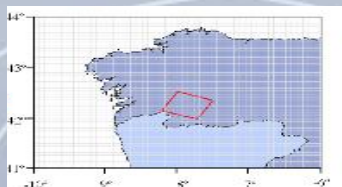


Discrepancies

- With official National Emission Inventories
- Between results of inventories for *top/down* and *bottom-up* methodology
- In a EMEP grid cell

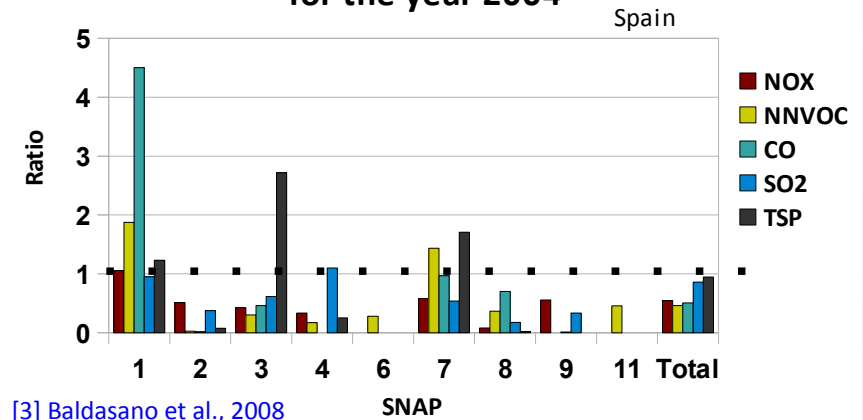
Table 1. Bottom-up inventory to EMEP inventory emissions ratio for EMEP (51,14) grid cell

NO _x	NM VOC	CO	PM _{2.5}	SO _x	NH ₃	Cd	Hg	Pb
3.18	1.85	1.33	1.80	3.42	0.84	1.87	3.06	1.48



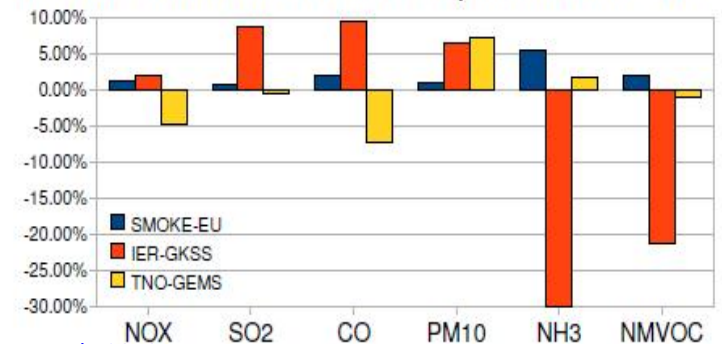
[5] M. Dios et al., 2012

HERMES Inventory to National Inventory ratio for the year 2004



[3] Baldasano et al., 2008

Relative annual EU27 emissions compared to EMEP 2000



[4] Bieser et al., 2010

Fig. 4. Relative annual total emissions of the EU27 (biogenic emissions are not included).

Uncertainty in emission inventories

[6] Van Aardenne, J. et al. 2002

		Uncertainty	
		accuracy	reliability
The lack of knowledge	of the sources and the size of the innaccuracy		of the degree which the inventory is meeting user-specified quality criteria
Sources	<u>Input value [activity data and emission factors]:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Extrapolation error ✓ Measurement error ✓ Unknown developments ✓ Reporting error 	<u>Structural:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Due to (dis-)aggregation ✓ Incompleteness ✓ Mathematical formulation 	“good enough” vs. “the best possible” <i>Example, TCCCA criteria:</i> <ul style="list-style-type: none"> •Transparency •Consistency •Comparatibility •Completeness •Accuracy (*)
Assessment	Steps: Identification, qualification, quantification, evaluation		Review and judgement
	<u>External methods:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparison with other emission inventories ✓ (In-)direct measurements ✓ Air quality modelling and inverse modelling studies. 	<u>Internal methods:</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Quality discussion ✓ Data quality ratings calculation check ✓ Expert estimation ✓ Error propagation ✓ Importance analysis 	
	Capabilities/Limitations		

Available emission inventories for MOCAGE

[7] Josse B. et al., 2004

- Data required:
 - Domain:
 - **INMH01** [-14.95°: 09.95°; 33.05°: 45.95° ; 0.10°x 0.10°]
 - **INML05** [-39.75°: 25.75°; 24.25°: 59.75° ; 0.50°x 0.50°]
 - Pollutant: NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀, PM_{2,5} and CH₄
 - Year: depending on the purpose

TNO/GEMS

[8] Visschedijk A. et al., 2007

- **Grid**: INMH01 and INML05
- **Pollutant**: NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀, PM_{2,5} and CH₄
- **Year**: 2003
- **Methodology**: Bottom-up
- **Authors**: TNO Built Environment and Geosciences

CIEMAT

- **Grid**: INMH01 and INML05
- **Pollutant**: NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀ and PM_{2,5}
- **Year**: 2009
- **Methodology**: Top-down
- **Authors**: Department of Air Pollution, CIEMAT

TNO/MACC

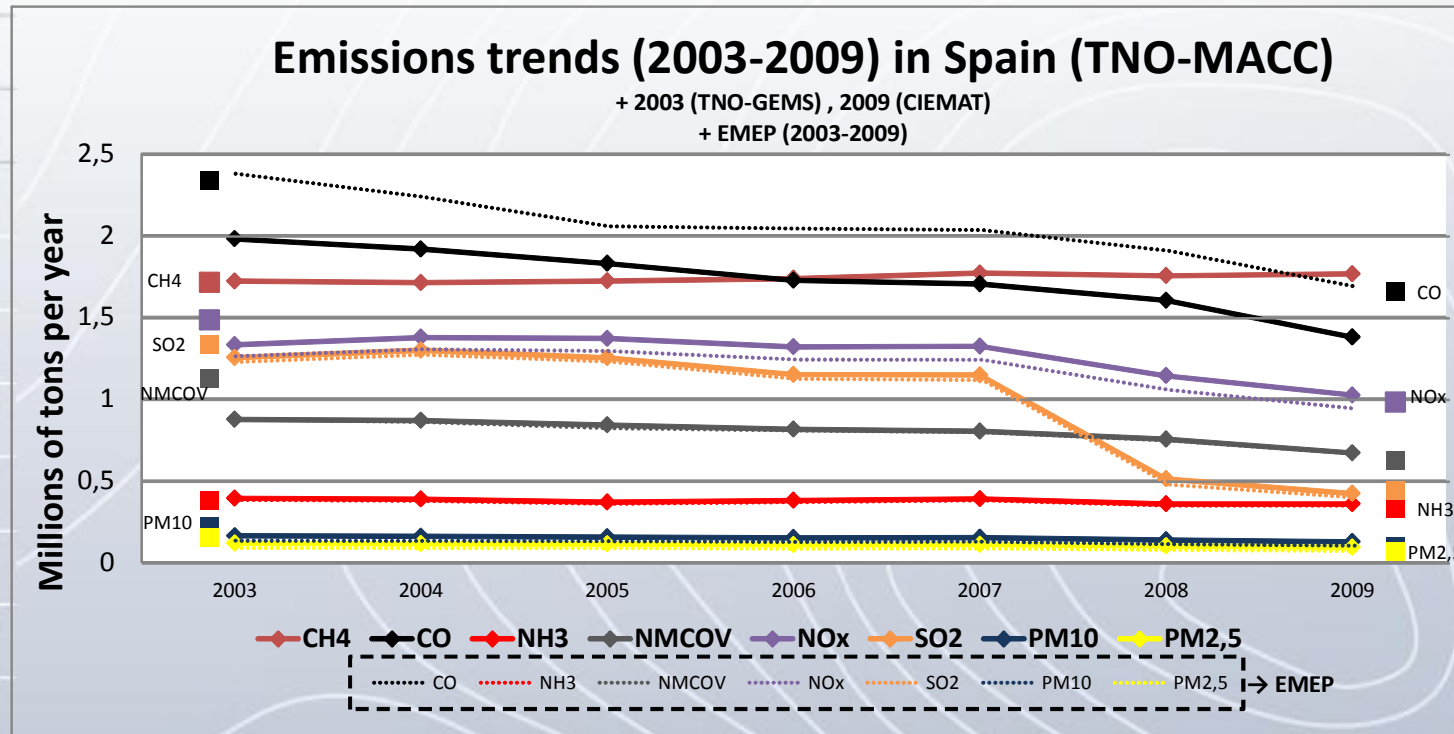
[9] Kuenen J. et al., 2011

- **Grid**: [-30°: 60°; 30°-72°; 1/8°x 1/16°] with exception
- **Pollutant**: NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀, PM_{2,5} and CH₄
- **Year**: base-year: 2005 → 2003 to 2007 → 2009
- **Methodology**: Bottom-up
- **Authors**: TNO Built Environment and Geosciences



Available emission inventories for MOCAGE

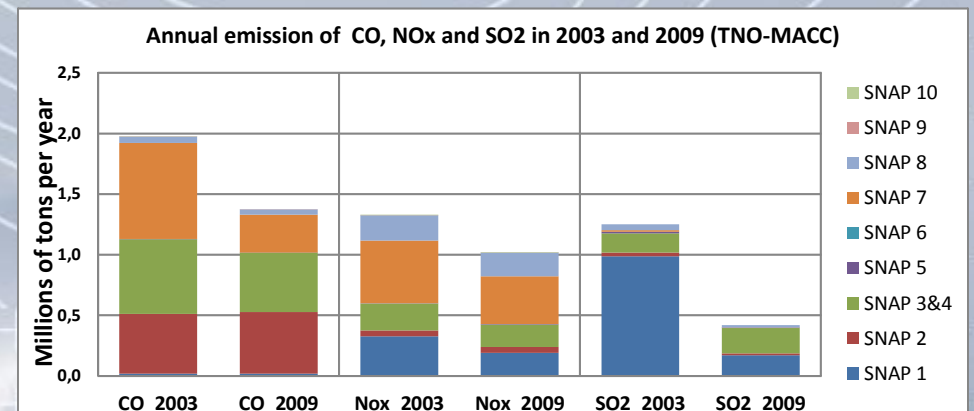
- Comparison with other emission inventories: Total values



- **CO:**
 - Steady decline, especially in SNAP 7
 - Lowest values in TNO-MACC
- **NO_x:**
 - Steady decline, especially in SNAP 7
- **SO₂:**
 - Steep drop in 2008, especially in SNAP 1

- TNO/GEMS (2003)
- CIEMAT (2009)
- ✓ EMEP (National Totals, 2003-2009, WebDab) [10] EMEP-EEA

vs. Annual emissions TNO/MACC (2003-2009)



Available emission inventories for MOCAGE

- Comparison with other emission inventories: Grid data

Annual emissions, Spain (INMH01):

Pollutant	Grid emission data (ton/cell)	2003		2009	
		TNO/GEMS	TNO/MACC*	CIEMAT	TNO/MACC*
CO	mean	415	339	297	236
	max	107.859	201.792	13.549	145.577
NOx	mean	264	227	176	175
	max	34.291	36.386	3.460	13.004
SO2	mean	238	214	80	73
	max	195.757	298.042	5.024	39.443

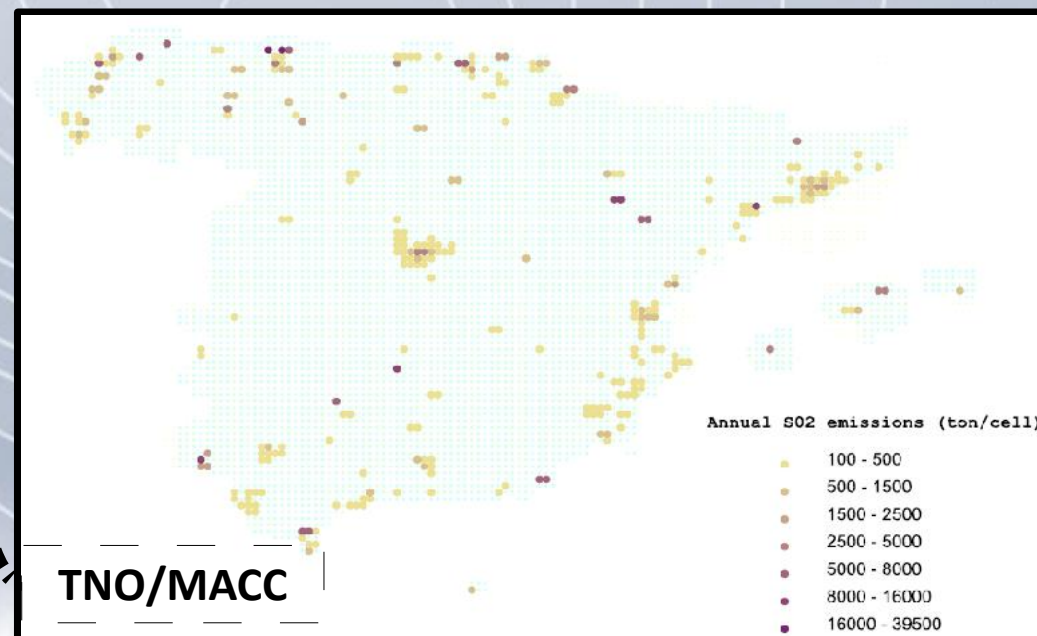
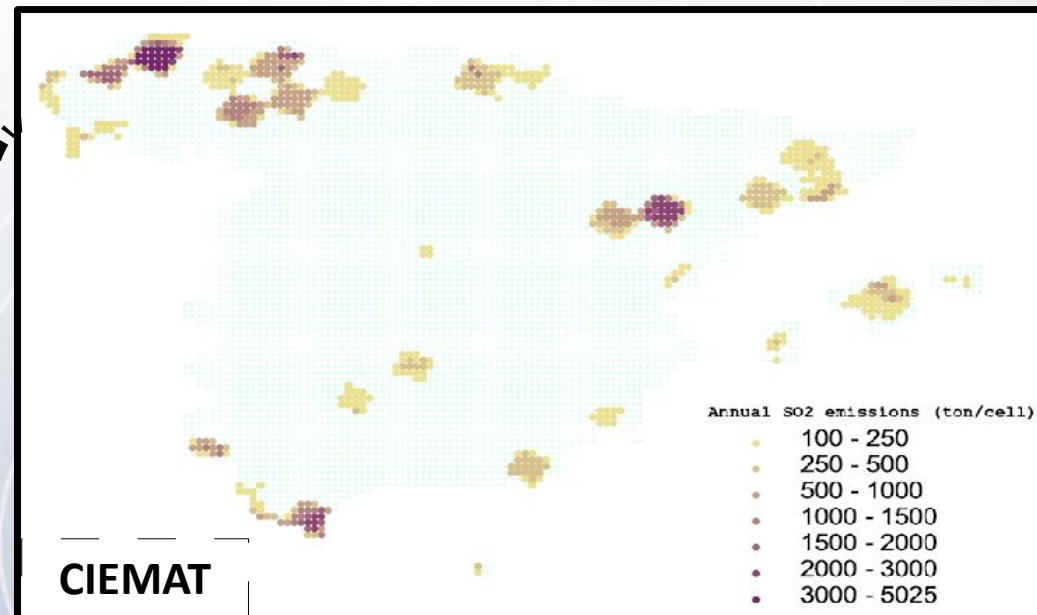
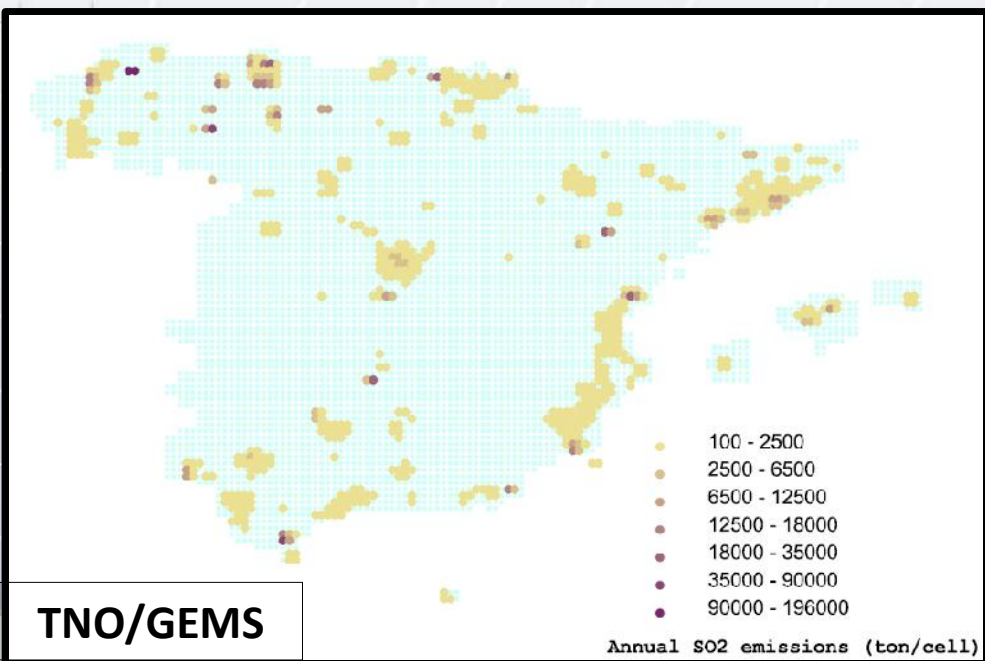
* After aggregation/disaggregation process

- › Differences in spatial distribution of CIEMAT
- › TNO/GEMS and TNO/MACC follow a similar methodology

Available emission inventories for MOCAGE

- Comparison with other emission inventories: Grid data

Annual emissions of SO₂, Spain (INMH01)

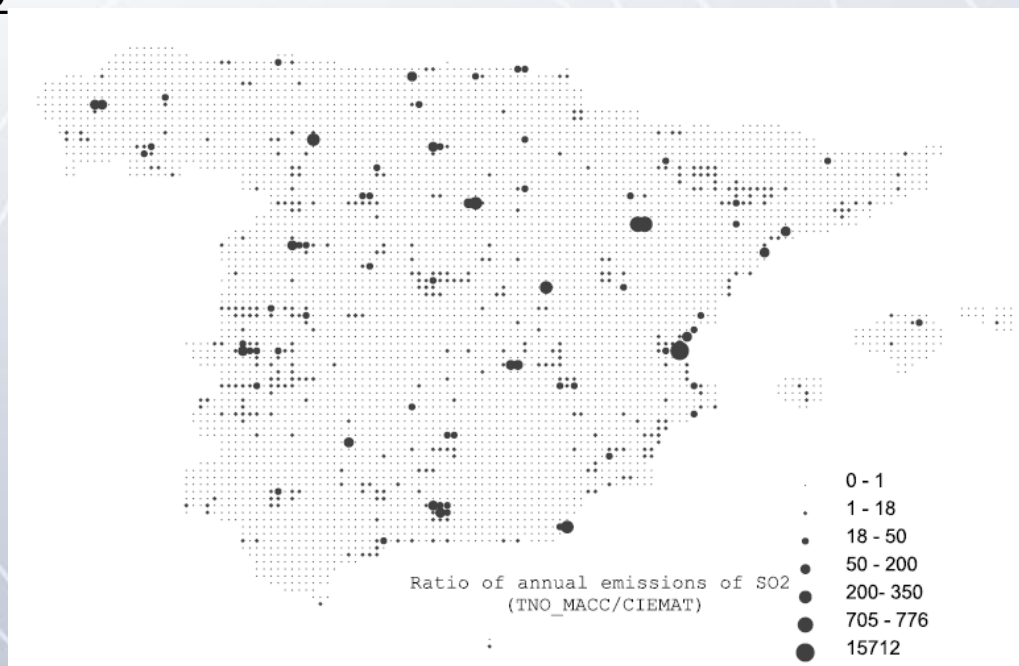
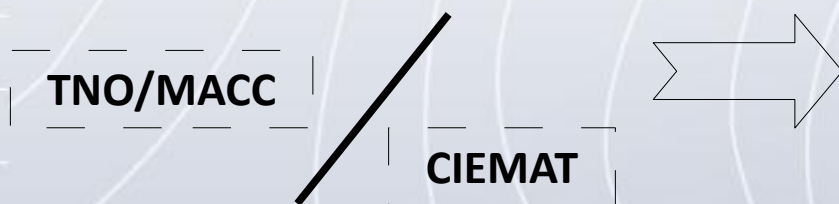


- Clear differences in spatial distribution of CIEMAT emission data → CIEMAT emission inventory is based on top-down methodology

Available emission inventories for MOCAGE

- Comparison with other emission inventories: Grid data

Annual emissions of SO₂, Spain (INMH01), 2009



Ratios of TNO/MACC values to CIEMAT values , Spain (INMH01), 2009:

	CO	NH3	NMCOV	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}
mean	0,96	2,46	1,71	1,36	2,52	1,35	1,40
max	930	1354	1077	698	1572	751	774

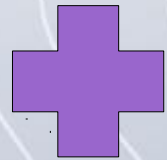
Updating emission data of MOCAGE

- Air quality modelling study
- **Improvement of MOCAGE:**

(1) TNO/GEMS vs. CIEMAT

(2) TNO/GEMS vs. TNO/MACC

INPUT



TNO/GEMS



(1) CIEMAT

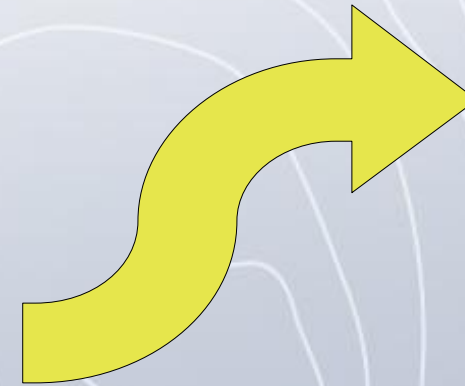
(2) TNO/MACC

- Meteorology:

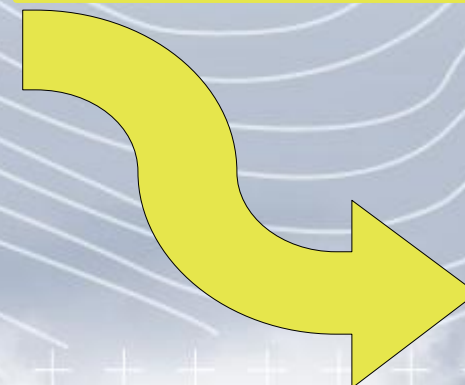
ECMWF + HIRLAM ONR INM 0,16°

+ HIRLAM HNR INM 0,05°

- Other IC and CC



MOCAGE

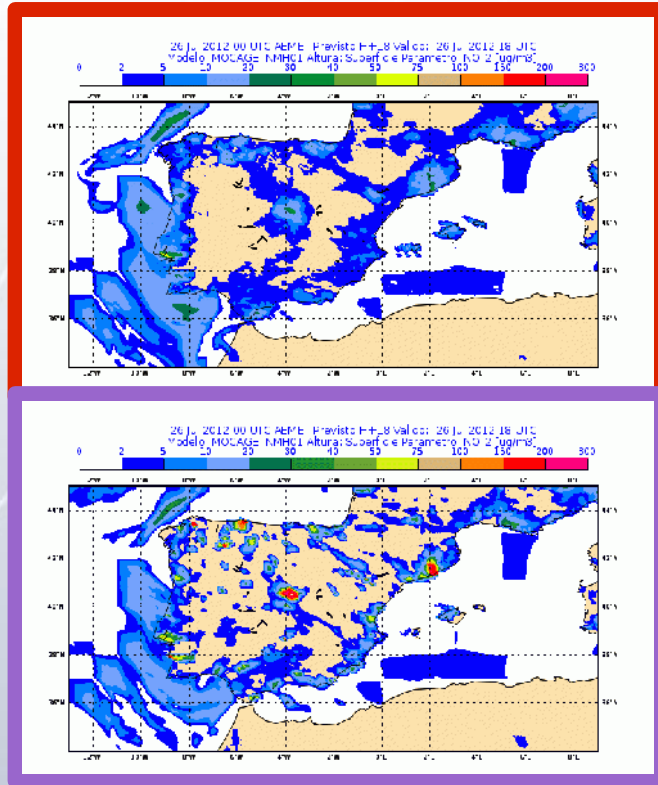


Uncertainty/ sensibility study

Updating emission data of MOCAGE

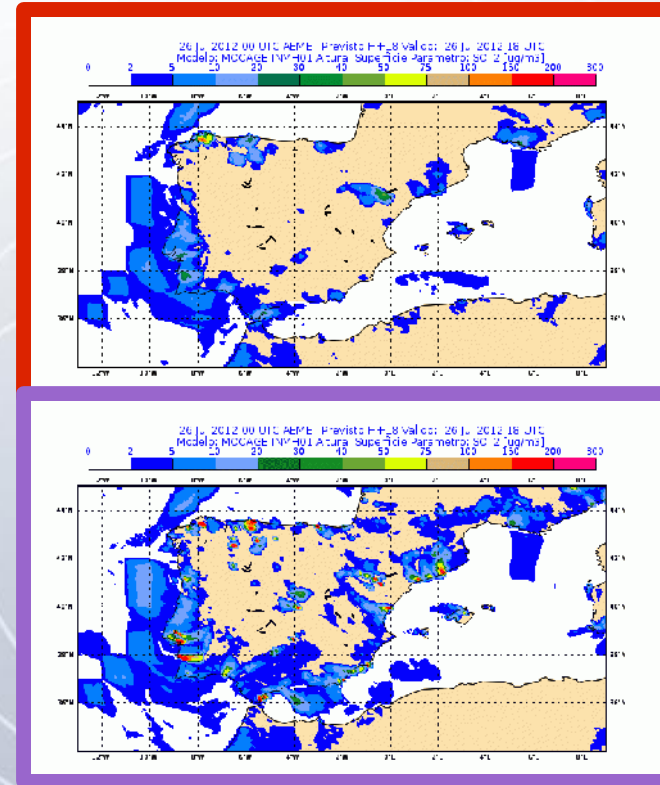
(1) TNO/GEMS → CIEMAT : only for INMH01

Example: [NO₂], H+18, 26th July, 2012



- NO₂ :
Smoothed distribution of concentrations

Example: [SO₂], H+18, 26th July, 2012



- SO₂ :
Lower concentration, < 100 µg/m³

Strength: CIEMAT takes into account the decrease in current SO₂ emissions

Weakness: Top-down methodology

Limitation: CH₄ values for INMH01 (and INML05) not available

Updating emission data of MOCAGE

(2) TNO/GEMS → TNO/MACC

$1/8^\circ \times 1/16^\circ \rightarrow \text{disaggregation} \times \text{aggregation} \rightarrow 1/10^\circ \times 1/10^\circ$



Strength:

- TNO/GEMS and TNO/MACC have been done for same group of scientist
- Progress from 2003 to 2009

Weakness:

- Aggregation/disaggregation proccess
- Emission data of CO

Limitation:

- Interannual variability of emissions

Future improvements

- Implementation of TNO/MACC for INMH01 and INML05
- Sensibility studies: after further refinement (1) and (2) → CIEMAT vs. TNO/MACC
- Developing our emission inventories
- Data assimilation to estimate “a correction factor”
- Wait for the new EMEP grid: 50 x 50 km → 0.1° x 0.1° (planned for 2015)

Thanks!



Grupo de modelación de la calidad del aire

El grupo de Modelación de la calidad del aire de AEMET...

MOCABE Química

La calidad del aire que respiramos es una preocupación importante a nivel de la opinión pública. En los últimos años se han publicado estudios que demuestran los serios efectos perjudiciales del smog fotoquímico y sus componentes con la contaminación atmosférica. Esto ha llevado a que, tanto a nivel europeo como nacional, se haya empezado a trabajar en diferentes directivas y en otros marcos normativos.

Por otra parte algunas instituciones como universidades, centros de investigación, pero también entidades meteorológicas nacionales, han estado pensando para obtener predicciones de calidad del aire con el apoyo de los llamados modelos de transporte químico (CTM, chemical transport models).

MOCABE es el modelo de transporte químico utilizado por AEMET para evaluar su propia predicción de calidad del aire, con datos, experiencia y conocimiento, como el ozono, los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono o el dióxido de azufre.

MOCABE (Modelo de Calidad Atmosférica A Gran Escala) ha sido desarrollado por Météo France y es utilizado en AEMET en virtud de un acuerdo de colaboración científica firmado entre los dos institutos.

MOCABE es un modelo global, multidimensional y 3D. Tiene capacidad de calcular la calidad del aire, radiación ultravioleta, hielo de nubes y otros factores que influyen directa o indirectamente en la contaminación atmosférica. También permite hacer un estudio de la calidad de aire durante 1 o más días de simulación en un día.

MOCABE Química necesita algunos datos de entrada:

- Datos de emisiones de contaminantes atmosféricos (datos de emisiones de las industrias y de los vehículos).
- Inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (datos de las actividades humanas y de la agricultura).

La versión operativa de MOCABE Química en AEMET se basa en un dominio global a 2° - un dominio continental a 0.5° que cubre la mayor parte de Europa y el Atlántico Norte y un dominio puntual que cubre la Península Ibérica a 1 km de resolución a 0.5°.

Actualmente la operación se hace en colaboración con un servicio más reciente de MOCABE.

MOCABE Biomasa 0.5°

Modelización

El modelo MOCABE 0.5° de la calidad del aire...

Calidad del aire

El modelo MOCABE 0.5° de la calidad del aire...

Calidad del aire

MOCABE 0.5°

El grupo de Modelación de la calidad del aire de AEMET...

Mapa de la calidad del aire

El mapa muestra la calidad del aire en la Península Ibérica y zonas adyacentes, con una escala de colores que indica los niveles de contaminación. La leyenda indica los siguientes rangos:

- 1: 0-2
- 2: 2-5
- 3: 5-10
- 4: 10-20
- 5: 20-30
- 6: 30-40
- 7: 40-50
- 8: 50-75
- 9: 75-100
- 10: 100-150
- 11: 150-200
- 12: 200-300

El mapa muestra una distribución de la contaminación, con áreas de mayor concentración (niveles 10-12) en el interior de la Península Ibérica y áreas de menor concentración (niveles 1-5) en las zonas costeras y montañosas.

Tabla de datos de calidad del aire

Contaminante	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00
PM10	11.8	11.80	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
PM2.5	11.8	11.80	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
NO2	11.8	11.80	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
O3	11.8	11.80	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8



Bibliography

- [1] Seinfeld J.H, Pandis S.P., Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 2006
- [2] Tuia et al., Evaluation of a simplified top-down model for the spatial assessment of hot traffic emissions in mid-sized cities, 2007
- [3] Baldasano et al., Development of a high-resolution (1 km x 1 km, 1 h) emission model for Spain: The High-Selective Resolution Modelling Emission System (HERMES), 2008
- [4] Bieser et al., SMOKE for Europe – adaptation, modification and evaluation of a comprehensive emission model for Europe, 2010
- [5] M. Dios et al., Comparison of EMEP emission inventory and limited area bottom-up inventory in the simulation of air quality by means of CHIMERE, 2012
- [6] Van Aardenne J. et al., Uncertainty in emission inventories: What do we mean how could we assess it?, 2002
- [7] Josse B., Simon P., Peuch V.H., Radon global simulations with the multiscale chemistry and transport model MOCAGE, 2004
- [8] Visschedijk A. et al., A high resolution gridded European emission database for the EU integrated project GEMS, 2007
- [9] Kuenen J. et al., MACC European emission inventory for the years 2003-2007, 2011
- [10] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009