



# Final Conference

## WP5: Grand Challenge in Earth Sciences



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*



**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas





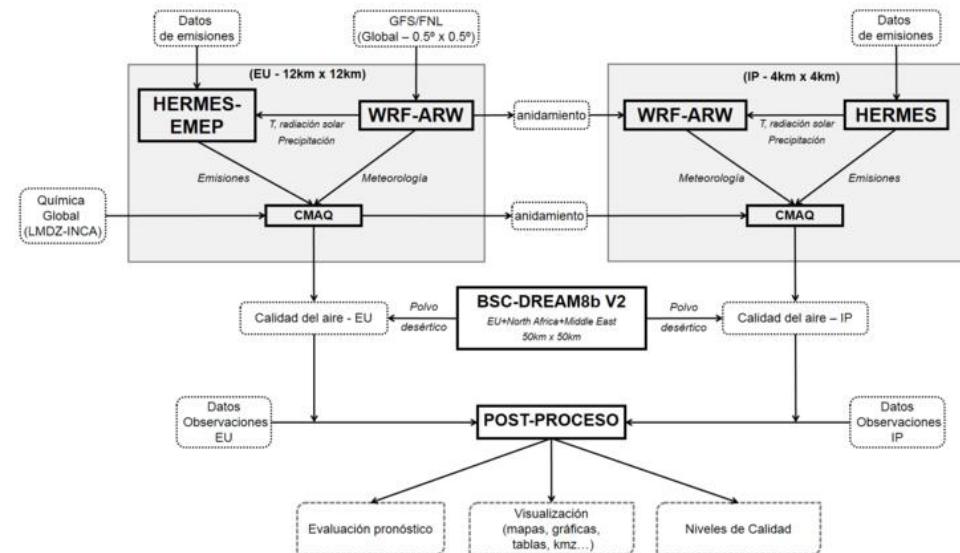
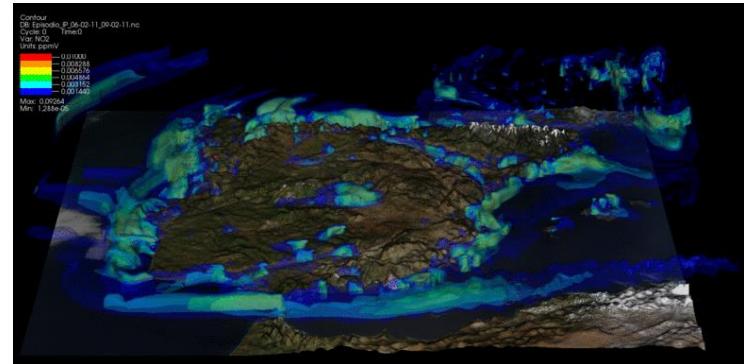
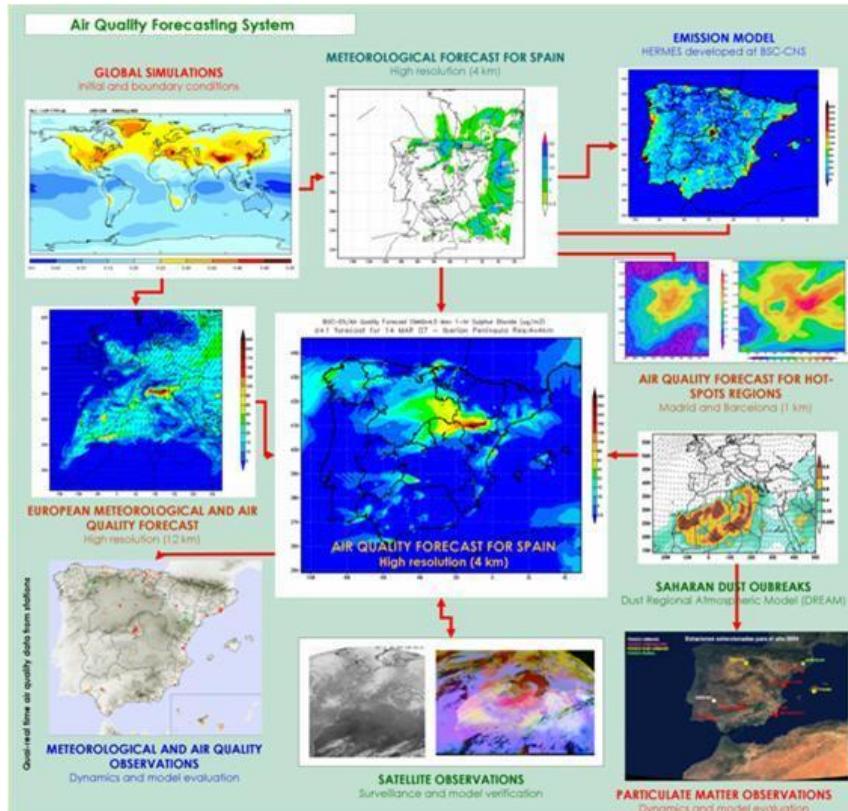
**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*

# TAREA 5.1

## Mejora rendimiento paralelo de los códigos atmosféricos

# Tarea 5.1: Mejora del rendimiento paralelo de los códigos atmosféricos

## Mejora de CALIOPE Sistema operacional de pronóstico de la Calidad del Aire



Pronóstico:

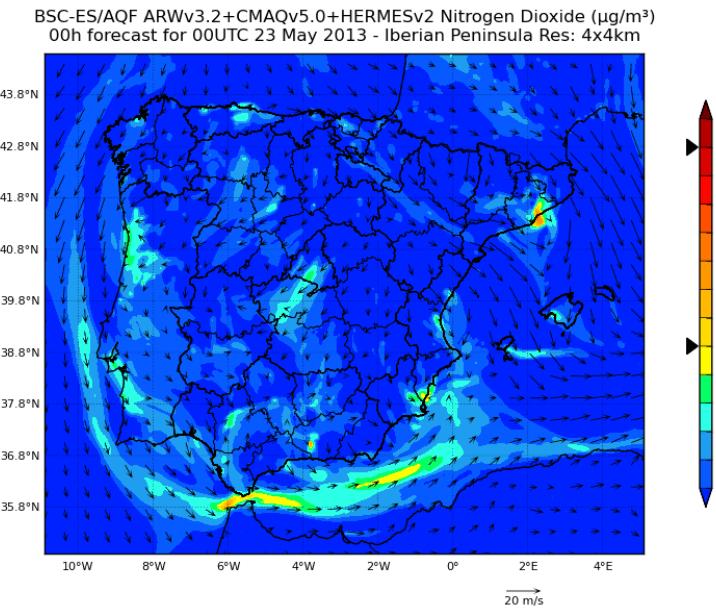
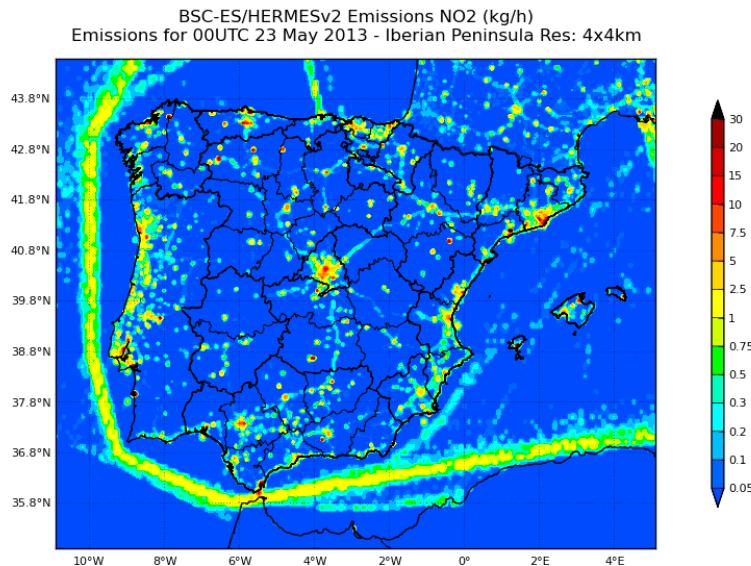
**24/48 h**

**12 km** para Europa, **4 km** para la Península Ibérica,

**2 km** para las Islas Canarias

**1 km** Andalucía, Madrid y Barcelona

# Tarea 5.1: Mejora del rendimiento paralelo de los códigos atmosféricos



## ● nuevo modelo de inventario de emisiones HERMESv2

- Mejores prestaciones computacionales (paralelización, gestión de datos)
- Actualización de datos a los años 2009 y 2010
- Revisión y actualización de las metodologías de estimación y desagregación de emisiones
- Incorporación de nuevos sectores de actividad
- Uso de nuevas fuentes de información más completas y detalladas

## ● Pronóstico de calidad del aire

- Actualización de los modelos atmosféricos (WRF-ARW v3.3.1 y CMAQv5.0)
- Evaluación de los pronósticos en “near-real time”
- Implementación de post-procesos mediante KF, mejora del pronóstico
- Bases de datos de calidad del para todos los dominios del sistema (modelos y observaciones)
- Mejora de procesos: generación imágenes y mapas de calidad del aire, emisiones y meteorología: simplificación de código, mejores tiempos de ejecución y mayor calidad en las imágenes



## AIR POLLUTION DIVISION

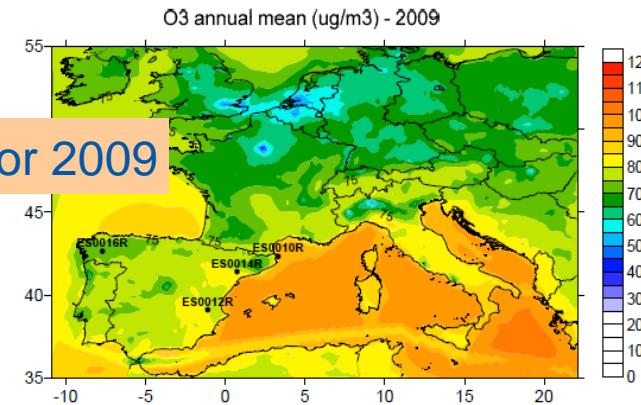
F. Martín, A. Martilli, M.G. Vivanco,  
J.L. Santiago, I. Palomino, M.A. González

**TAREA 5.1**  
**Mejora rendimiento paralelo de los códigos  
atmosféricos**

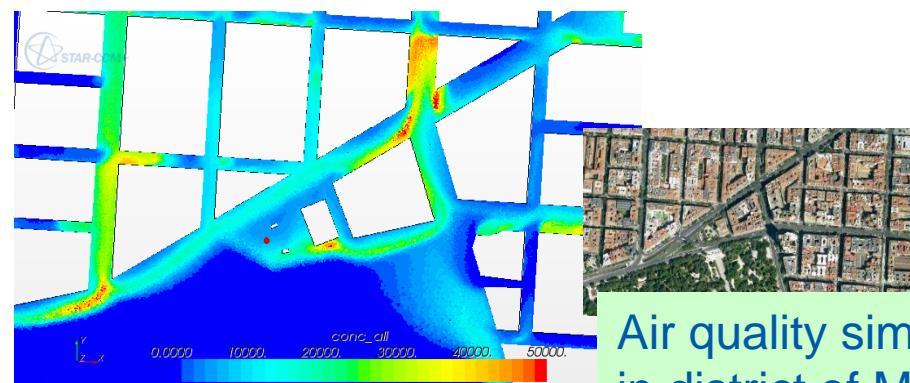
# Activities (2008-2013)

Mesoscale and continental scale modeling (CHIMERE model)

O<sub>3</sub> simulation for 2009

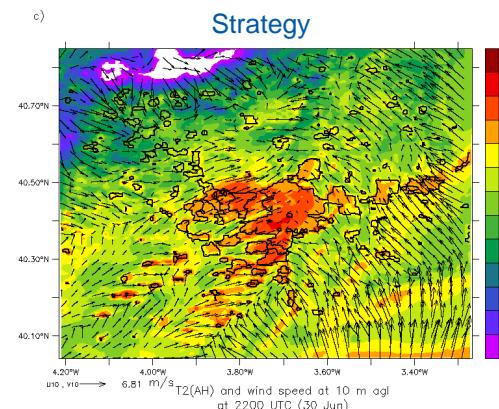


Street canyon modeling (Computational Fluid Dynamics – CFD – models).



Air quality simulation in district of Madrid

Urban scale modeling

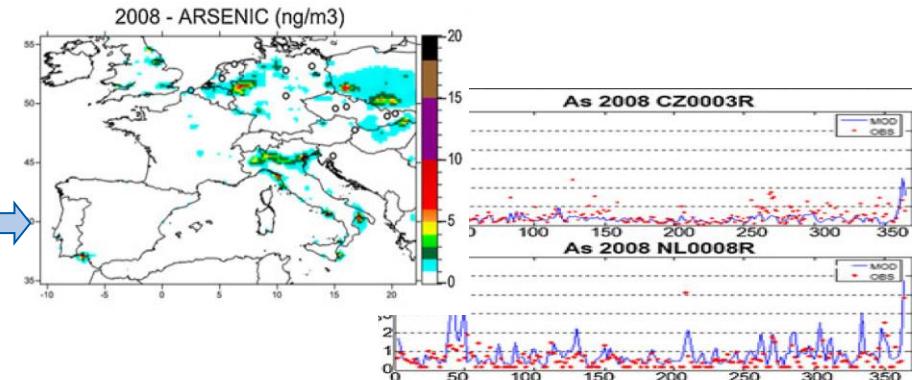


Simulation of urban heat island of Madrid

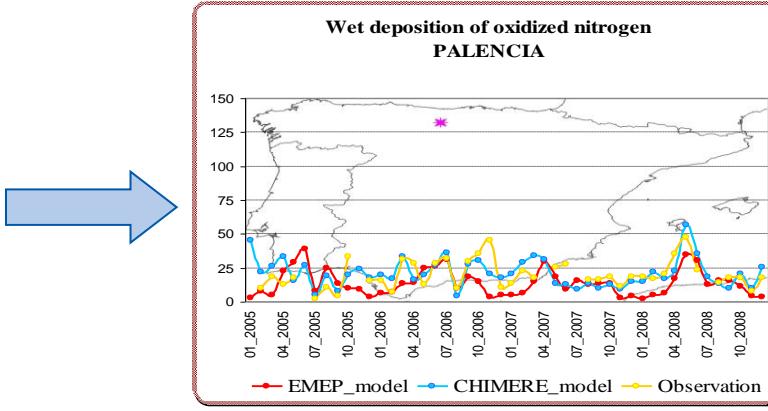
# CHIMERE model

## Mesoscale and continental scale modeling

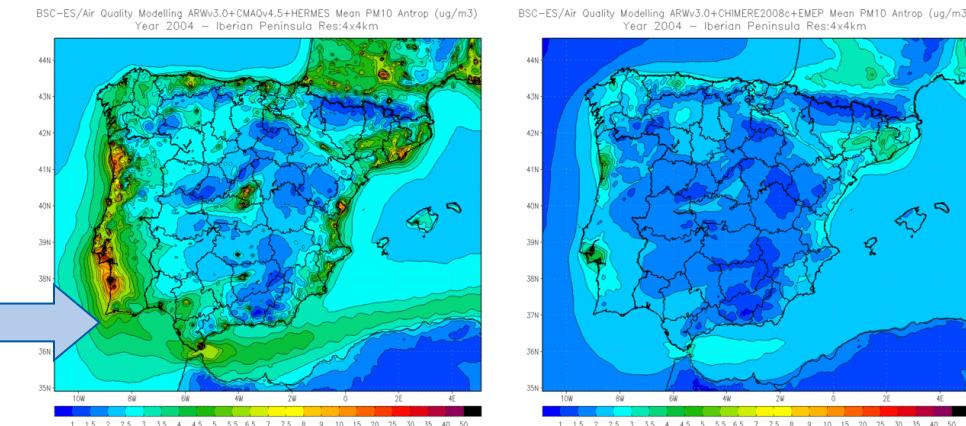
- « New chemical schemes for benzene and Hg
- « New pollutants (heavy metals). Validation for European EMEP stations.
- « Testing new numerical schemes (Non-grid schemes-RM vs PPM).



- « Analysis of pollutant deposition schemes of several models:
  - CHIMERE, GEOS-Chem and EMEP-MSCE-HM.
- « Validation of wet desposition estimated by CHIMERE in Spain.



- « CALIOPE system (colaboration with ES-BSC):
  - Coupling CHIMERE & HERMES.
  - Analysis high-resolution simulations of air quality in Spain (HERMES-WRF-CMAQ vs EMEP-WRF-CHIMERE)

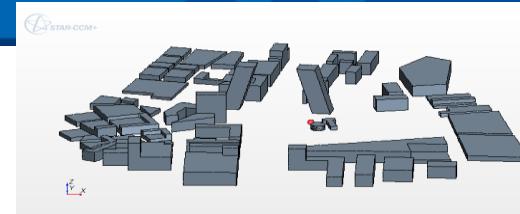


# Street Canyon modeling

CFD software (Star CCM+)

Spatial representativeness of urban air quality stations

Air flow and air quality simulations for several months of district around station



Effect of street vegetation

Dynamic effect (wind and turbulence)

Deposition effect (removal of pollutants)



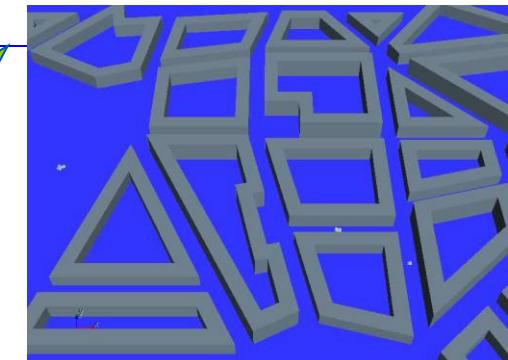
Air quality simulations with CFD for checking the urban trees effect and location of trees (green)

Grey color = area with NO<sub>2</sub> concentrations into  $\pm 20\%$  around the station concentration

Emergency models intercomparison

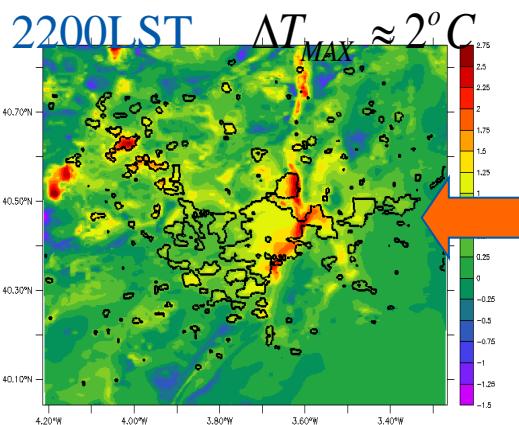
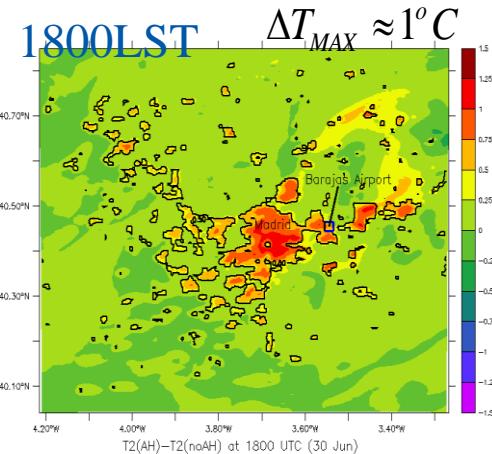
COST Action ES1006. Preliminary results of CIEMAT simulations of toxic clouds

[\(click for video\)](#)



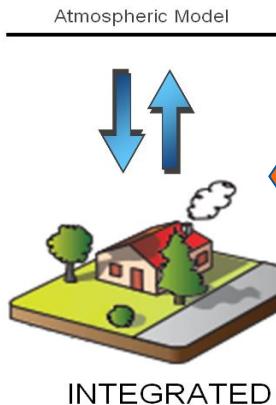
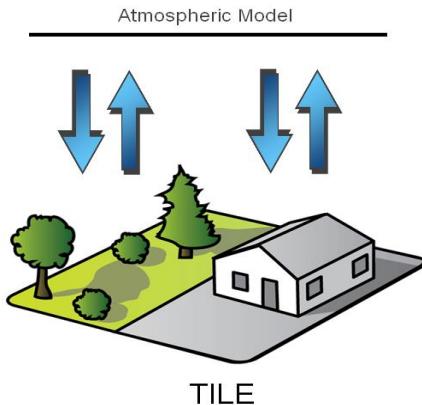
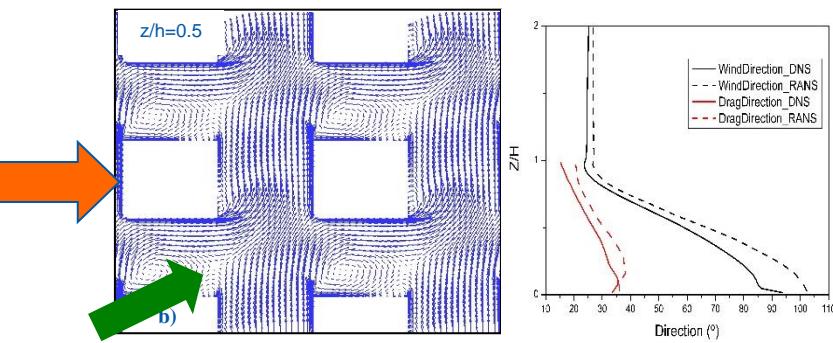
# Urban Scale Modelling

## New urban canopy parameterizations (UCP)



Simulation of the Urban heat island and energy consumption.  
New building energy model.  
Effect of air conditioning in outdoor air temperature

Investigation of the relationship between wind direction and drag force direction within a regular array of cubes using microscale-CFD models.



Inclusion of vegetation and thermal effects (trees shadows and turbulence).  
New integrated approach in development



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*

**EARTH SCIENCE DEPARTMENT**

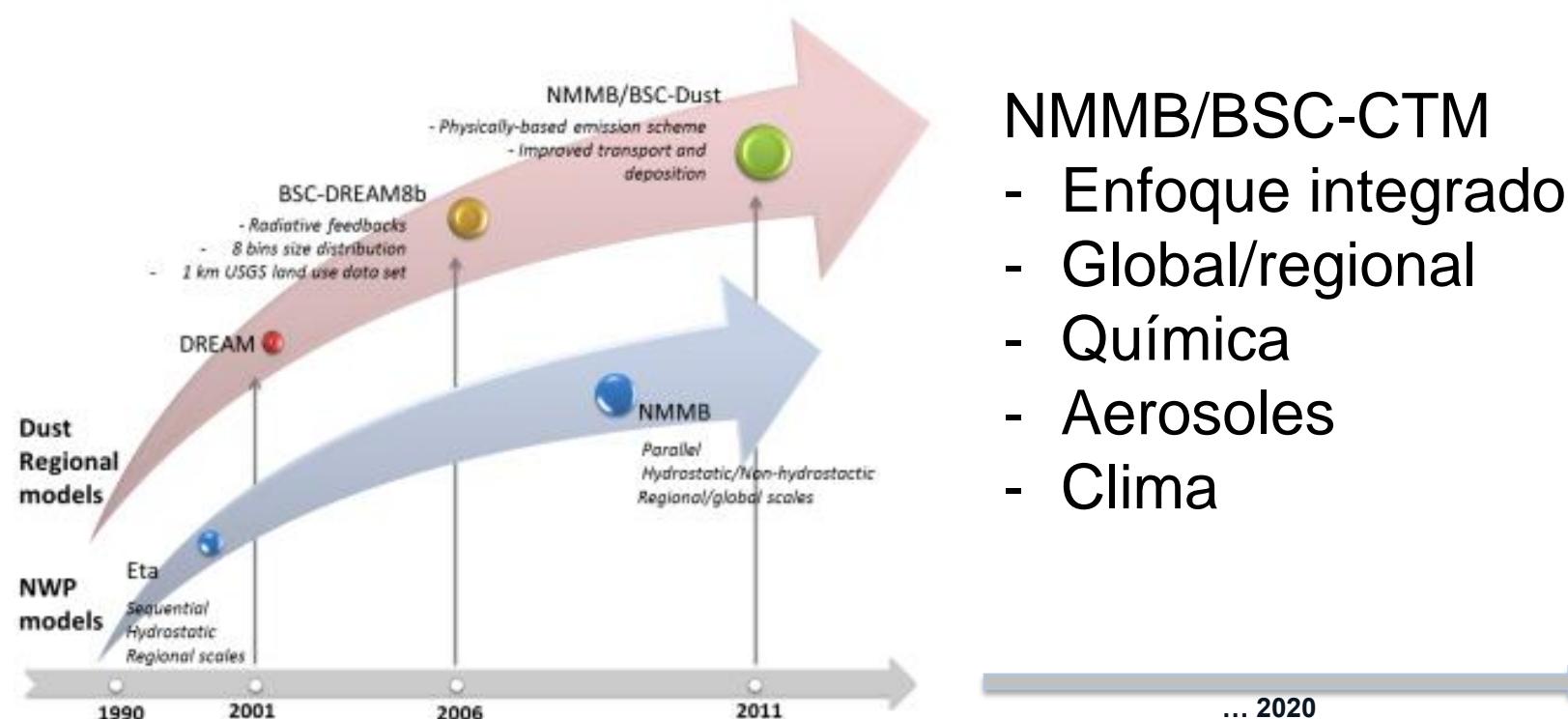
# **TAREA 5.2**

## **Desarrollo de un modelo acoplado atmosférico-polvo mineral**

# Desarrollos de modelos

## ● Desarrollo unificado de Modelos: Atmósfera-Química-Clima

- Desde el corto plazo a proyecciones climáticas
- Sistemas de alta resolución (10 km) a escala global

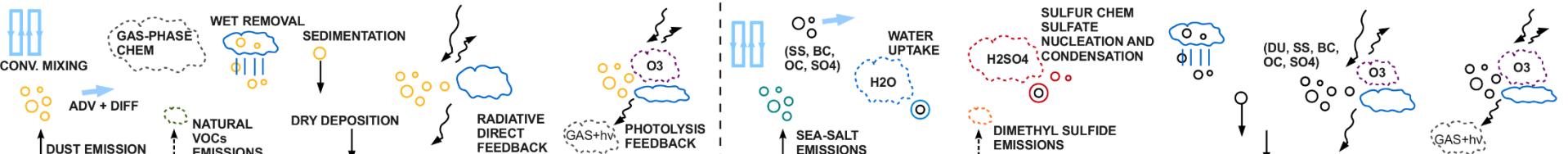
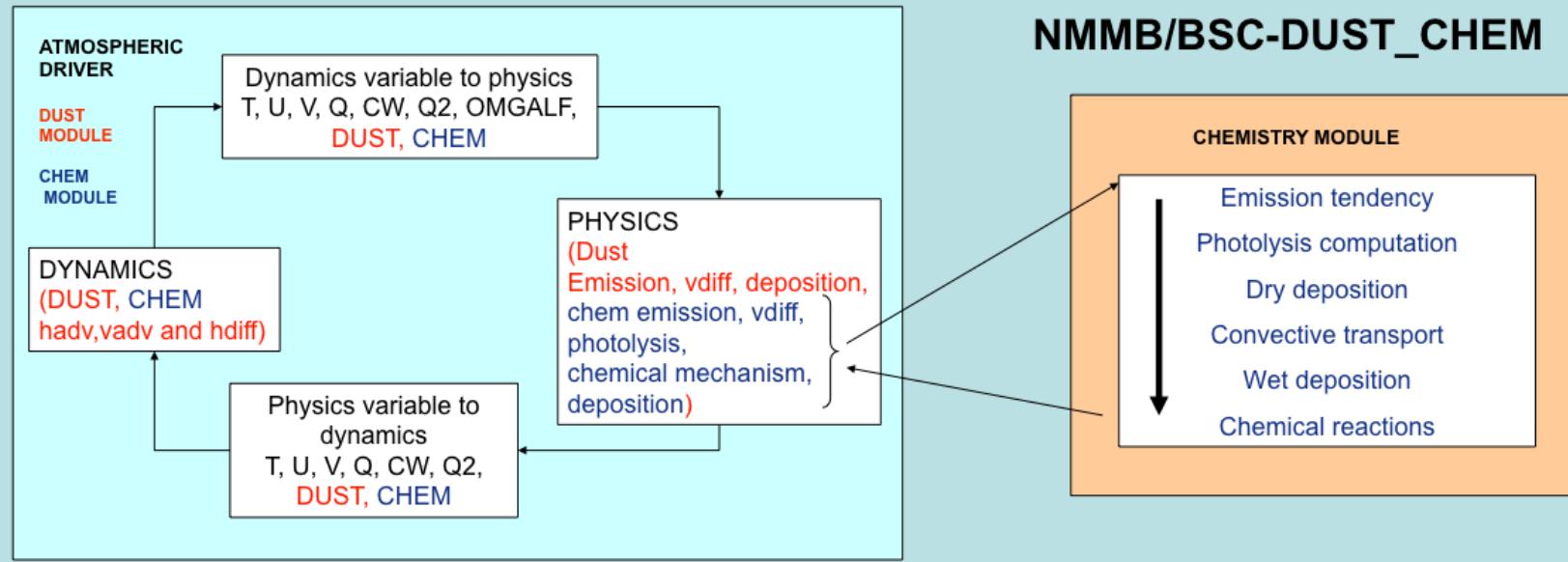


### NMMB/BSC-CTM

- Enfoque integrado (ESMF)
- Global/regional
- Química
- Aerosoles
- Clima

# NMMB/BSC-Chemical Transport Model

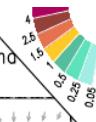
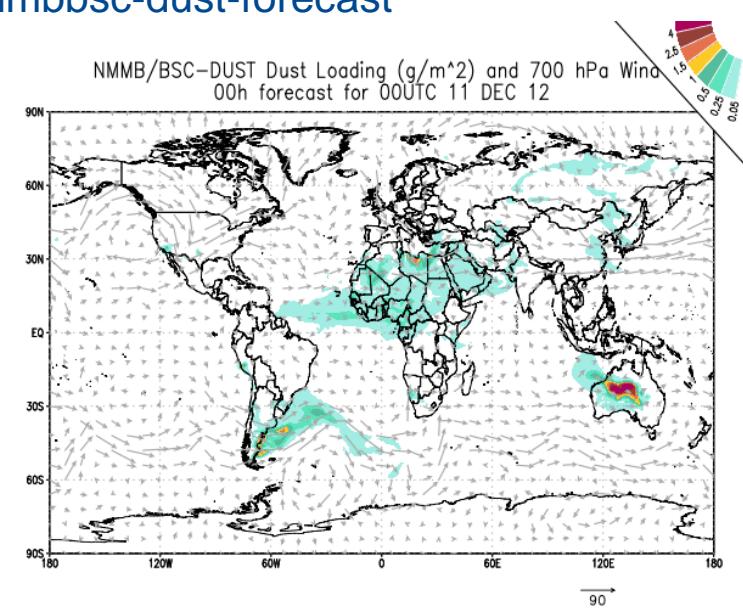
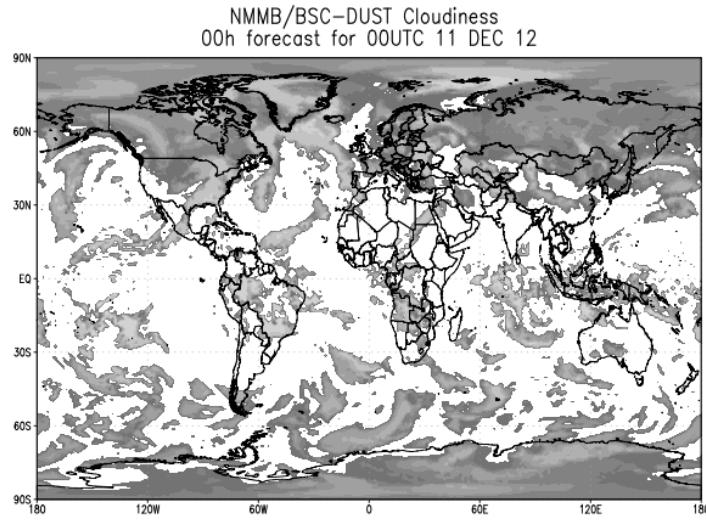
## Embedding dust and chemistry processes within the meteorological core driver NMMB



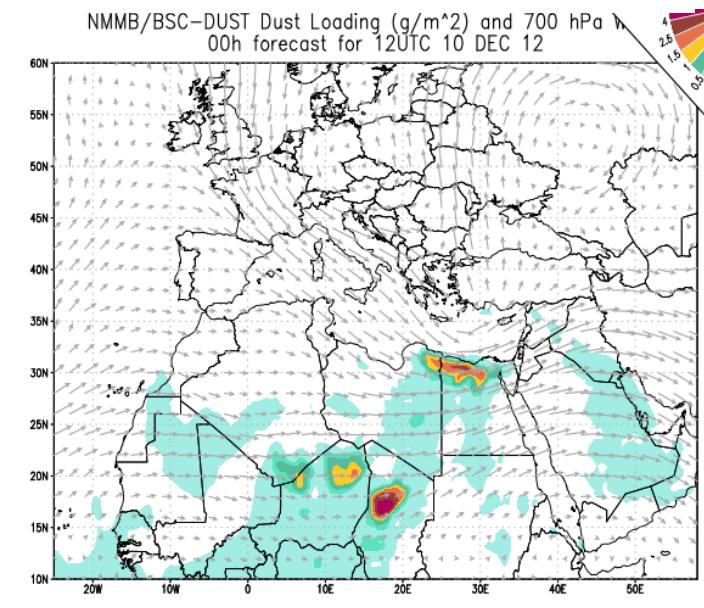
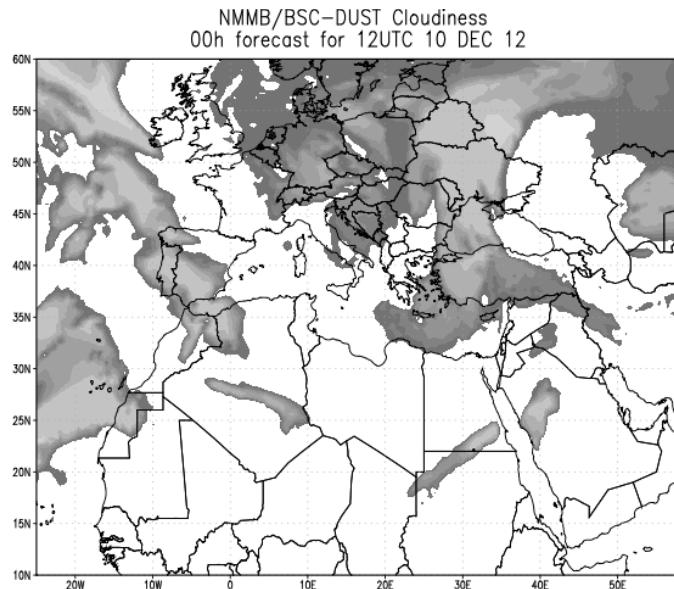
# BSC forecasts with NMMB/BSC-CTM

( <http://www.bsc.es/earth-sciences/mineral-dust/nmmbbsc-dust-forecast>

Daily global  
Dust forecast



Daily Regional  
Dust forecasts



# Dust model intercomparison in the SDS-WAS Regional Center of the WMO

**NORTHERN AFRICA-MIDDLE EAST-EUROPE (NA-ME-E) REGIONAL CENTER**  
*WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS)*

Log in

World Meteorological Organization  
Spain - Centro de Información y Documentación  
AEMet  
Barcelona Supercomputing Center

HOME ABOUT US FORECAST & PRODUCTS PROJECTS & RESEARCH MATERIALS NEWS EVENTS CONTACT US

**Dust forecasts**

> **Compared dust forecasts**

> **Multimodel Products**

> **BSC-DREAM8b**

> **MACC-ECMWF**

> **INCA-LMDzt**

> **METEO-FRANCE**

> **Chimere**

> **SKIRON**

> **TAU/DREAM-8b**

> **NAAPS**

> **SEEVCCC**

> **U.K. Met Office**

> **TSMS/BSC-DREAM8b**

> **NASA-GEOS-5**

> **NNMB/BSC-Dust**

> **NCEP-NGAC**

**Search**

Search Site

**Latest News**

New evaluation metrics  
Nov 29, 2012

II Lectures on Atmospheric Mineral Dust. Documentation  
Nov 22, 2012

You are here: Home > Forecast & Products > Dust forecasts > Compared dust forecasts

by Francesco Benincasa — last modified Nov 30, 2012 10:22 AM

Date:  Hour:

**Document on Model Intercomparison** **Forecast evaluation** **Multimodel Products**

NOTE: Click on the images to enlarge.

**Dust optical depth:**

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 12h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+18)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 00h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+30)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 12h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+18)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 12h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+18)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 00h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+30)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 12h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+18)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 00h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+30)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 12h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+18)

WMO SDS-WAS. N Africa-Middle East-Europe RC  
Run: 00h 03 DEC 2012 Valid: 06h 04 DEC 2012 (h+30)

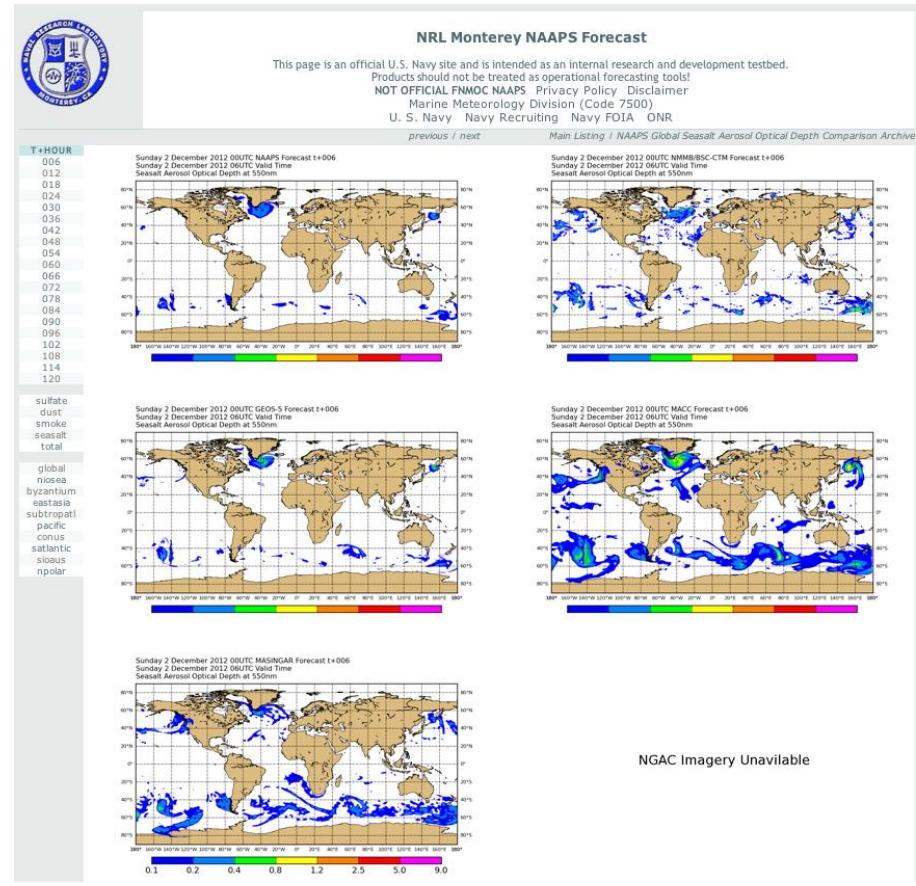
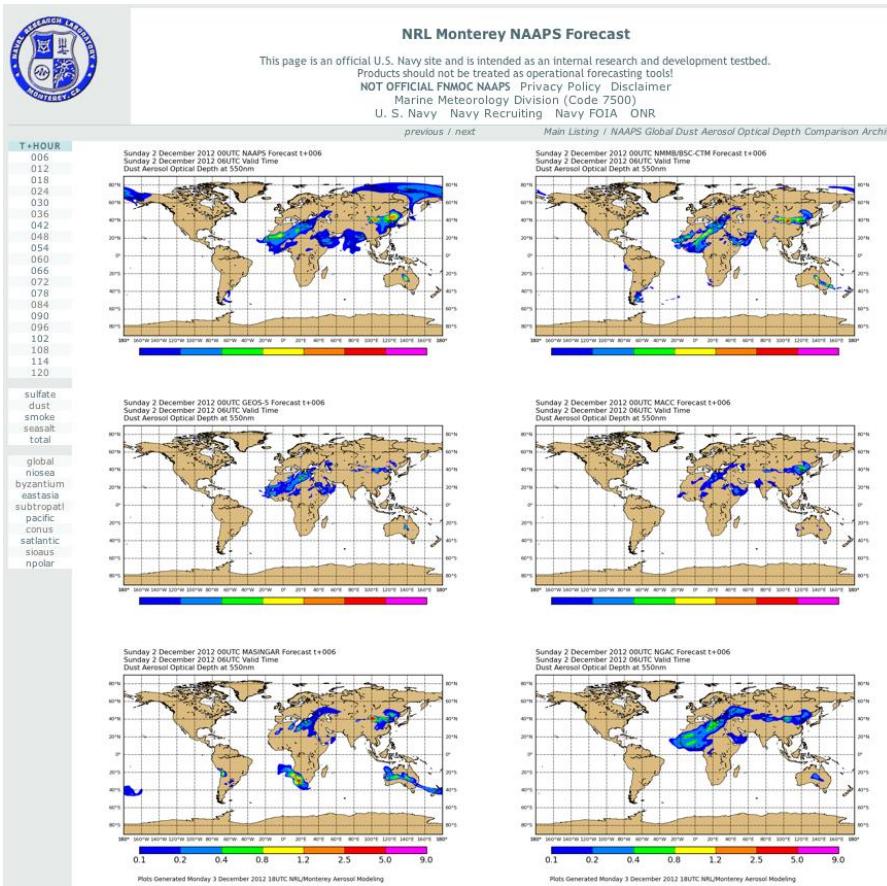
Download full image

Regional forecasts of 72h at 0.25° resolution

[www.sds-was.aemet.es](http://www.sds-was.aemet.es)

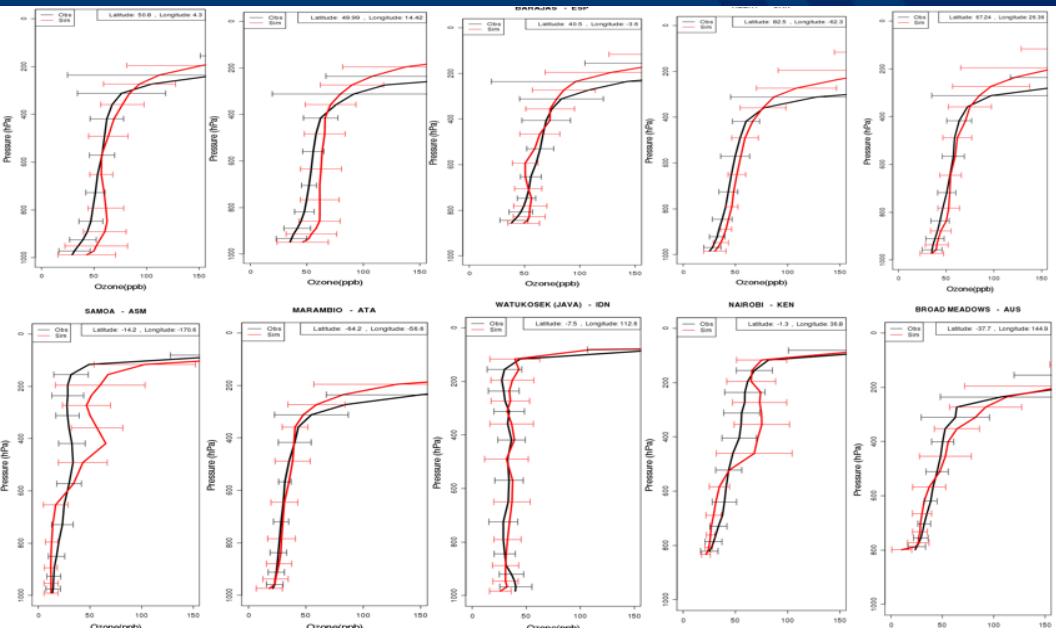
# Contribution to the ICAP model comparison

« Inclusion of the NMMB/BSC-CTM model Global forecasts of dust and sea-salt aerosols in the ICAP model comparison initiative  
(<http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/icap.1087.php>)

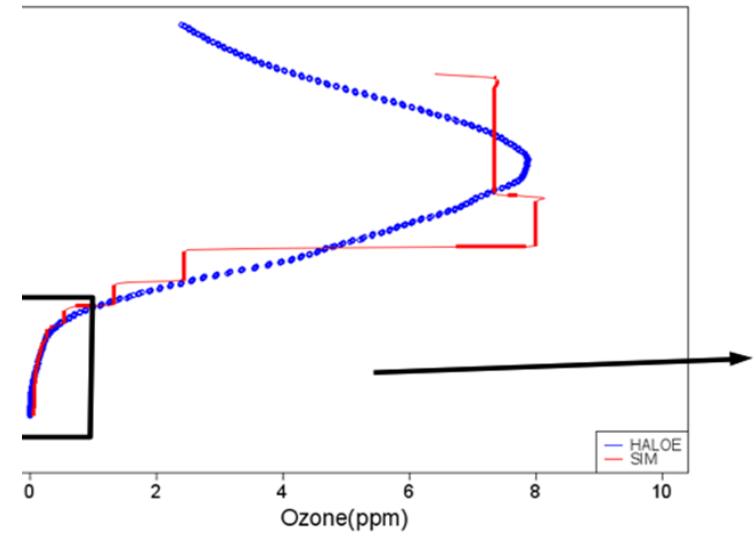


# NMMB/BSC-CTM gas-phase

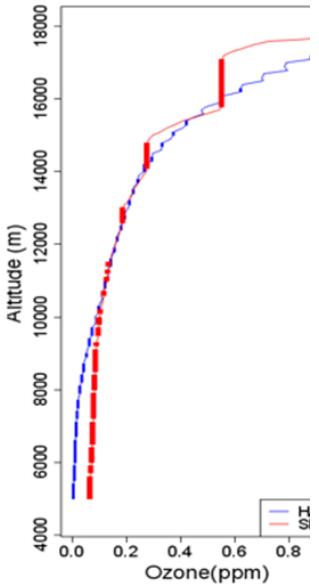
## Evaluation against ozonesondes



Vertical O<sub>3</sub> (ppm):HALOE vs SIM 09 SR



Vertical O<sub>3</sub> (ppm):HALOE vs SIM



Evaluation against satellite products

# NMMB/BSC-CTM Sea-salt aerosol results

→ NMMB/BSC-CTM, ref year 2006

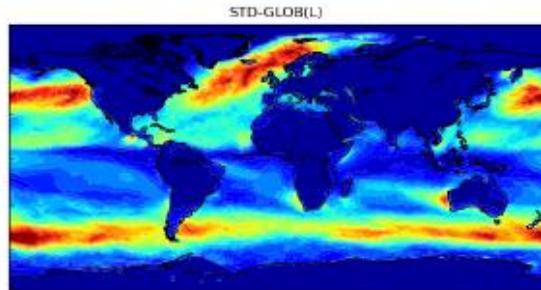
- emi total: 7307.8 Tg/y
- load: 6.6 Tg
- lifetime 9.56h

– AEROCOM median, year 2000

- emi total: 6212.3 Tg/y
- load: 6.1 Tg
- lifetime 8.64h

J  
A  
N

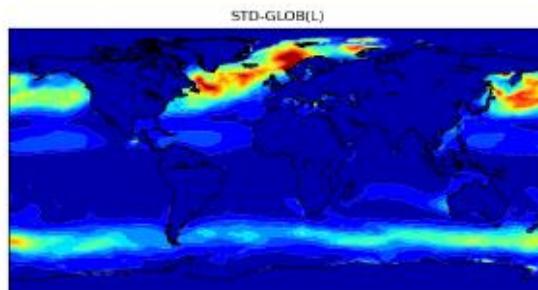
**SCONC**



sea-salt sconc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (JAN 2006)



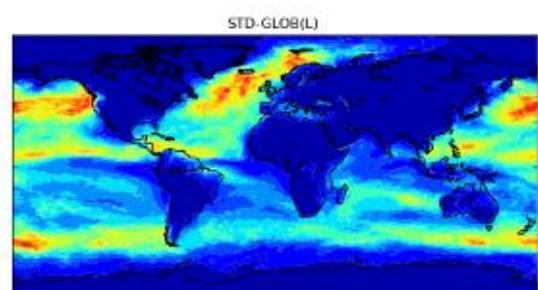
**EMISSIONS**



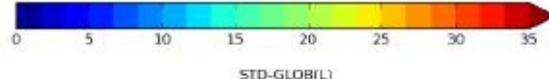
sea-salt emi ( $\text{g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ) (JAN 2006)



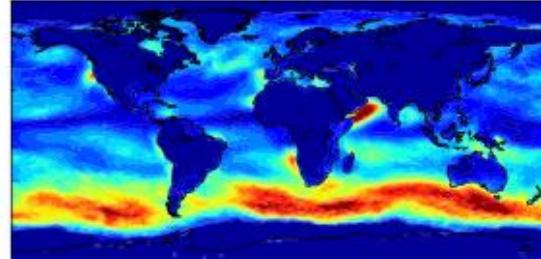
**AOD500nm**



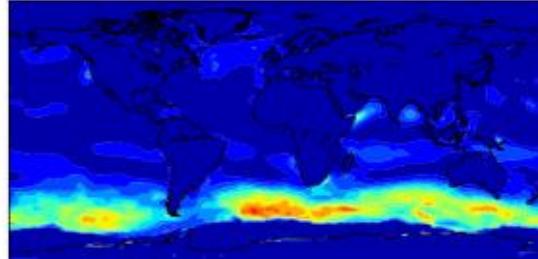
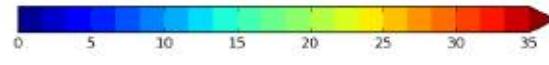
sea-salt AOD500nm (JAN 2006)



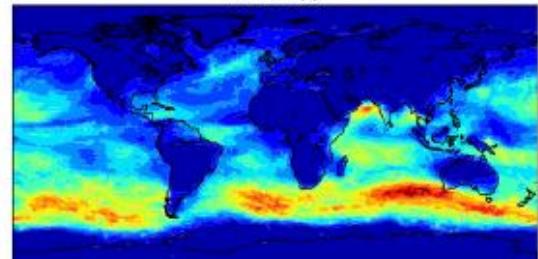
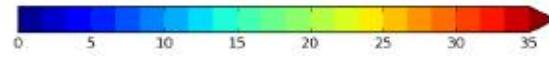
A  
U  
G



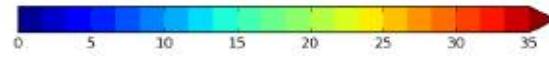
sea-salt sconc ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (AUG 2006)



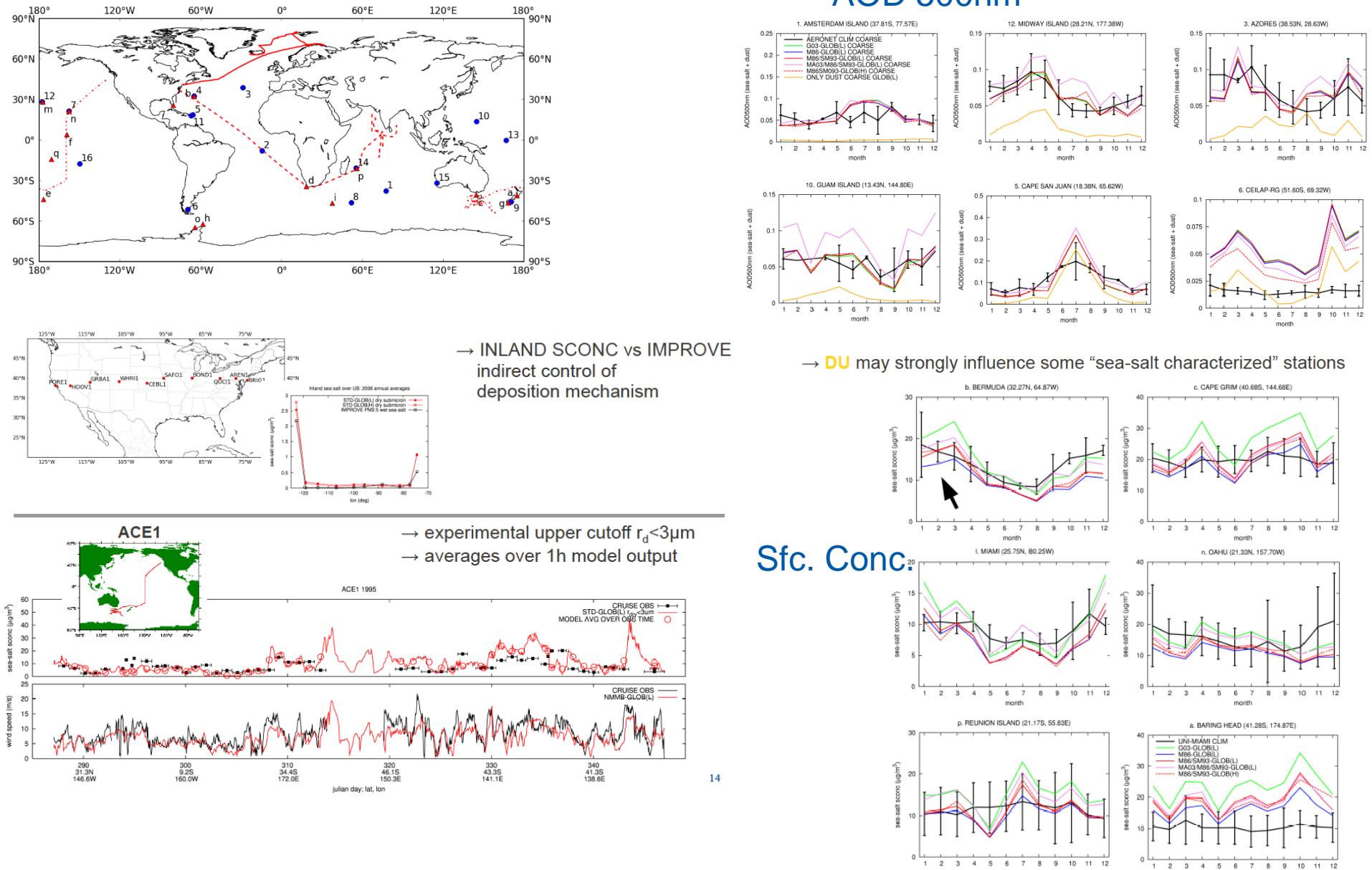
sea-salt emi ( $\text{g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ) (AUG 2006)



sea-salt AOD500nm (AUG 2006)



# NMMB/BSC-CTM Sea-salt aerosol evaluation



# Tarea 5.3 Desarrollo de modelos de circulación global escalable

Nuevos esquemas numéricos

Modelos climáticos Globales (WACCM; EC-Earth)



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*



**Universidad  
Complutense  
Madrid**



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*



*Barcelona  
Supercomputing  
Center*  
*Centro Nacional de Supercomputación*

## TAREA 5.3 DESARROLLO DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL ESCALABLE

- Nuevos esquemas numéricos de MA (ES-BSC y CASE-BSC)
- Modelos Climáticos Globales (ES-BSC)

# Nuevos esquemas numéricicos MA. Mejora de la escalabilidad

## Investigación fundamental en nuevos esquemas numéricicos de modelos atmosféricos

### – ES-BSC; CASE-BSC

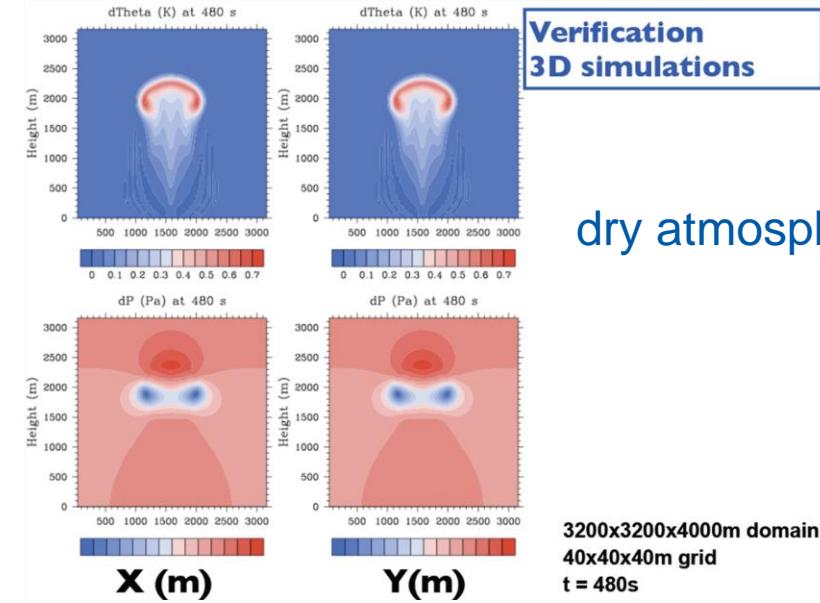
- Test 3D in dry atmospheres

✓ Bubbles

- Test 3D in moist atmospheres

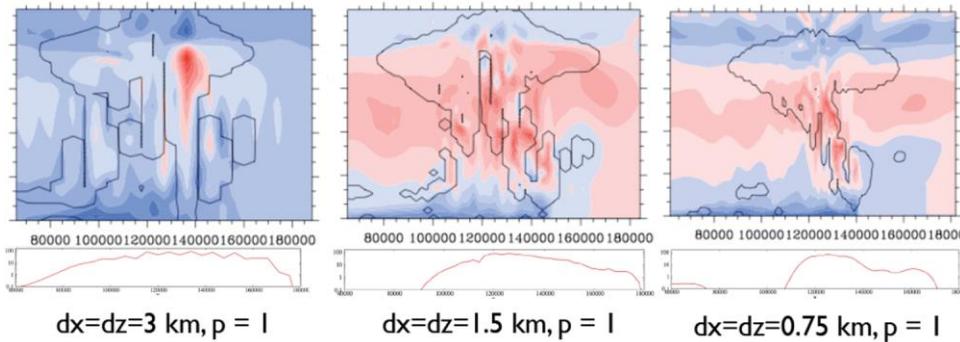
✓ Convective cloud development

✓ Orographic cloud development

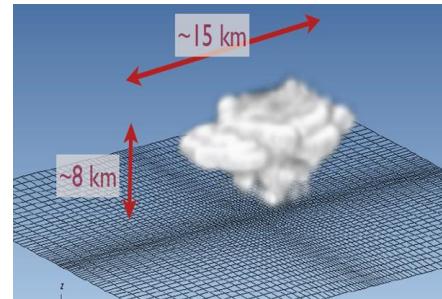


Verification  
3D simulations

dry atmospheres



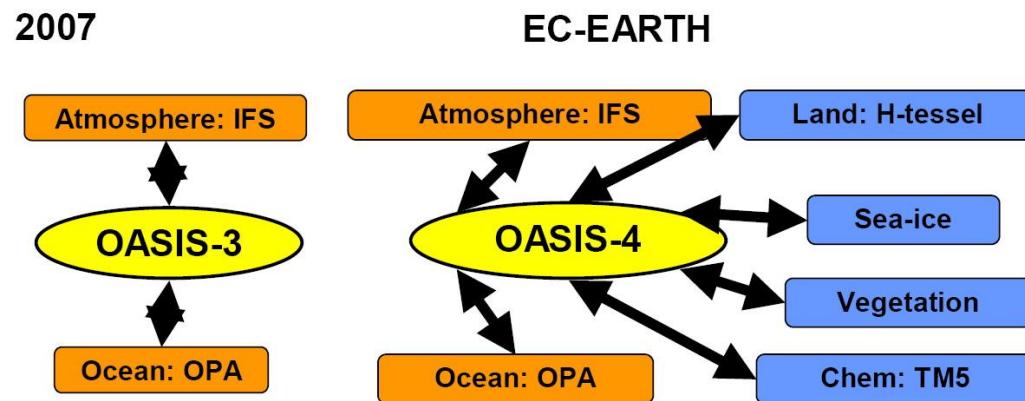
moist atmospheres



# Modelo climático global de alta resolución (EC-EARTH)

## EC-EARTH

- Earth System Model (ESM)
- Basado en el modelo IFS del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF's)
- Utilizado en simulaciones globales de cambio climático



- Arquitectura software
  - Modelo acoplado
    - NEMO modeliza el océano
    - IFS modeliza la atmósfera
    - OASIS realiza intercambio de datos entre modelos

Figure 2: Schematic picture of EC-EARTH, compared to the prototype of ECMWF's System 4 seasonal forecasting system that will be come in use in Summer 2007.

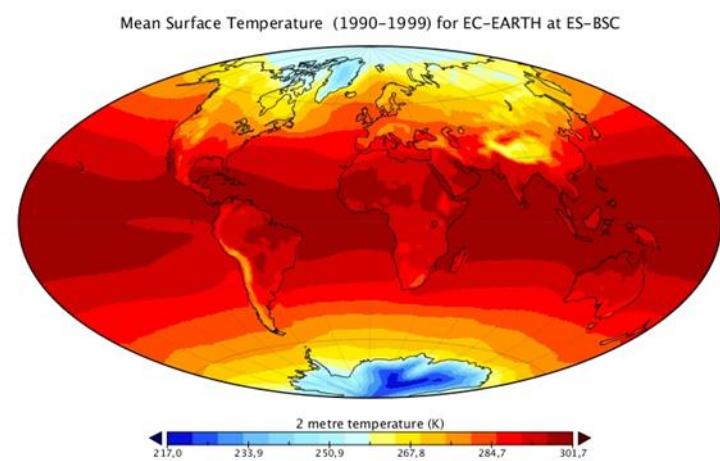
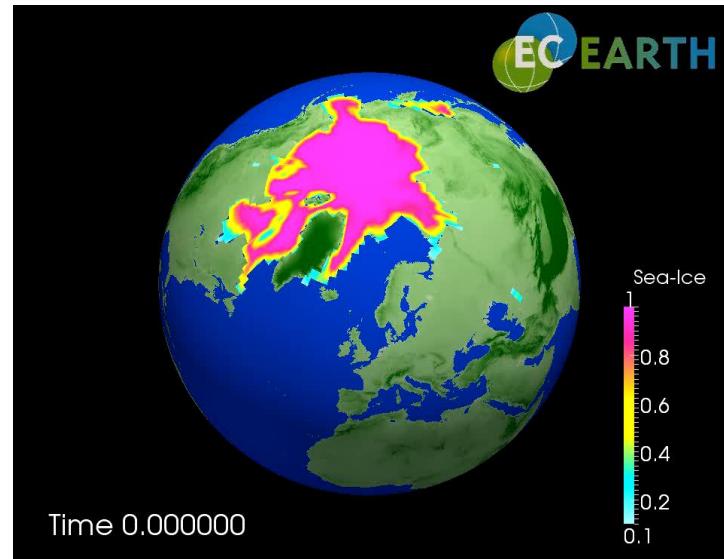
# Modelo climático global de alta resolución (EC-EARTH)

## « Simulación de escenarios de clima futuro:

- RCP4.5 y RCP8.5 para el período 2000-2100 con EC-Earth v2.3 para el AR5 (IPCC)

## « Simulación histórica con EC-Earth v2.3; RCP4.5 y RCP8.5

- Extracción de datos de variables de océano y atmósfera y adaptación a los requisitos exigidos por el grupo de trabajo del CMIP5
- Transferencia de datos al CMIP5
- Análisis de variables prioritarias de atmósfera
- intercomparación de resultados con otros grupos participantes en el proyecto EC-EARTH.





DEPARTAMENT D'ASTRONOMIA I METEOROLOGIA

Ileana Bladé, Didac Fortuny y Jerónimo Lorente

TAREA 5.3 DESARROLLO DE MODELOS DE  
CIRCULACIÓN GLOBAL ESCALABLE

Modelos Climáticos Globales

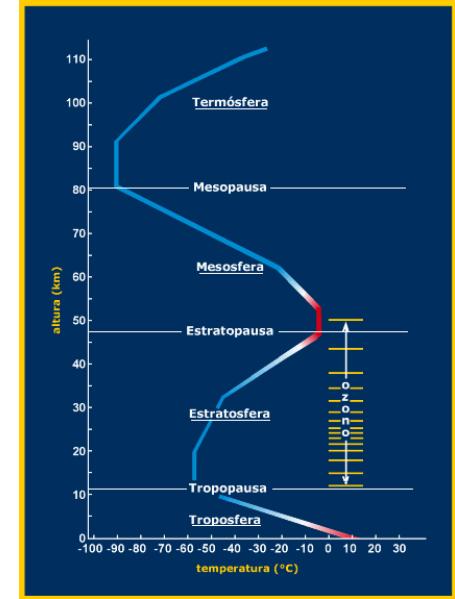
# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Altitud de la tropopausa

- Las observaciones indican un aumento en la altitud media global de la tropopausa en las últimas 3 décadas. Las predicciones teóricas dicen que seguirá aumentando en el futuro.

### Objetivo

- Examinar las tendencias de altitud de la tropopausa en el pasado, presente y futuro utilizando un modelo climático químico con alta resolución en la estratosfera: el WACCM.



TENDENCIAS (hPa/década)	1953-2004	1979-2004
NCEP		-1.27
WACCM319 ref. 1.1	-0.81	-1.24
WACCM319 ref. 1.2	-0.79	-0.92
WACCM354	-0.97	-1.50

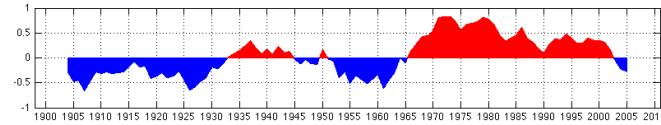
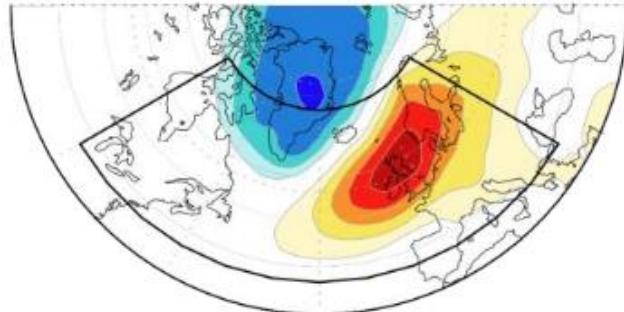
Tendencias simuladas del mismo orden que las observadas pero alta variabilidad entre simulaciones.

TENDENCIAS (hPa/década)	1954 2004	1979 1999	1979 2004	2000 2049
WACCM 2.5°x2.5° 2 member ensemble	-0.80	-1.2	-1.08	-0.98
WACCM 5°x5° 3 member ensemble (Son et al. 2008)			-1.25	-0.91

Reducción futura de la tendencia de altitud de la tropopausa menos clara en estas simulaciones.

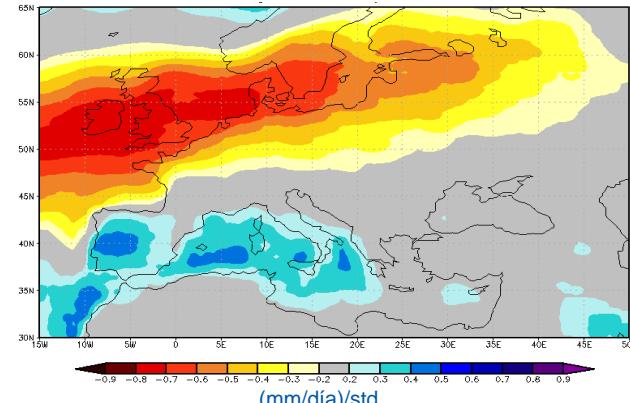
# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Summer North Atlantic Oscillation



CCSM3

respuesta SNAO-precipitación



- Los GCM utilizados en el cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC proyectan tendencias positivas en el índice NAO para el siglo XXI.

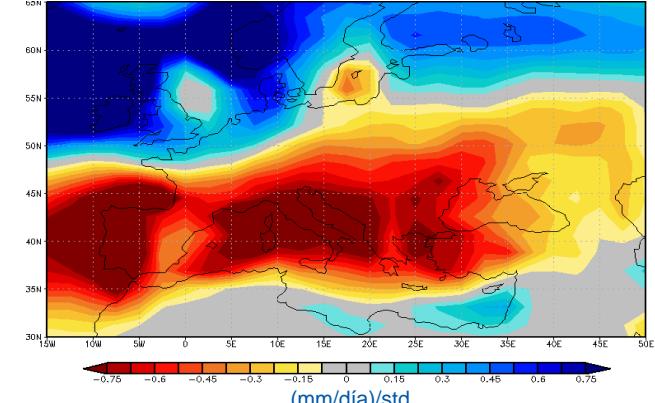
### Objetivos

- Establecer la capacidad del WACCM para simular el patrón geográfico de la SNAO, definida como la primera EOF del campo de SLP.
- Evaluar la respuesta de la SNAO simulada con el WACCM sobre la precipitación mediterránea.

Relaciones opuestas en cuanto a impacto de la SNAO en la precipitación mediterránea.

WACCM

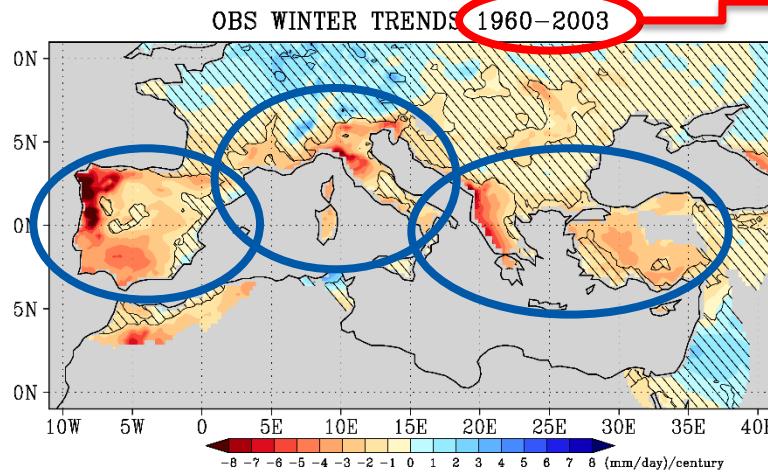
respuesta SNAO-precipitación



Incertidumbres en las proyecciones futuras de cambios de precipitación en el Mediterraneo.

# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Tendencias de precipitación en el Mediterráneo

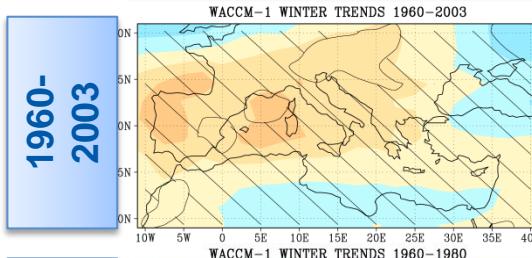


Las únicas tendencias PASADAS robustas observadas en el Mediterráneo son en INVIERNO en períodos concretos.

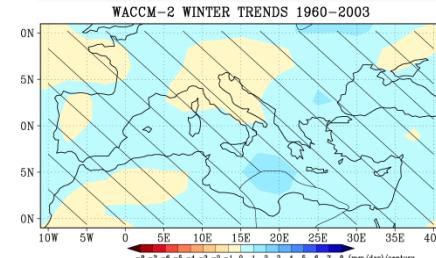
Tesis doctoral (D. Fortuny) :

- ¿Cómo son de sensibles estos resultados a pequeños cambios en el período de cálculo?
- ¿Qué meses del año se ven afectados?
- ¿Los resultados se detectan con diferentes redes de datos?

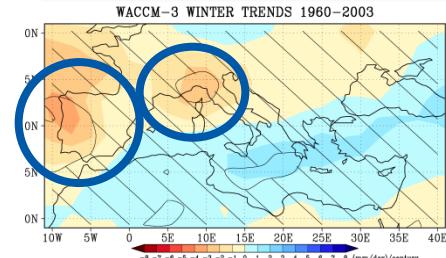
Simulación 1



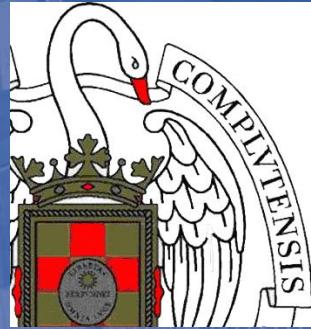
Simulación 2



Simulación 3



- Patrón espacial ligeramente capturado.
- Poco apoyo a la hipótesis de origen antropogénico de la tendencia.



Universidad  
Complutense  
Madrid

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA TIERRA,  
ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA II  
(CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA)

Dr. Ricardo García Herrera

TAREA 5.3 DESARROLLO DE MODELOS DE  
CIRCULACIÓN GLOBAL ESCALABLE

Modelos Climáticos Globales

# Modelos climáticos Globales (WACCM)

Línea de trabajo: Acoplamiento Troposfera-Estratosfera

SPARC: Stratospheric Processes and Their Role in Climate

WCRP: World Climate Research Programme

**SPARC DynVar**

Modelling the Dynamics and Variability of the Stratosphere-Troposphere System



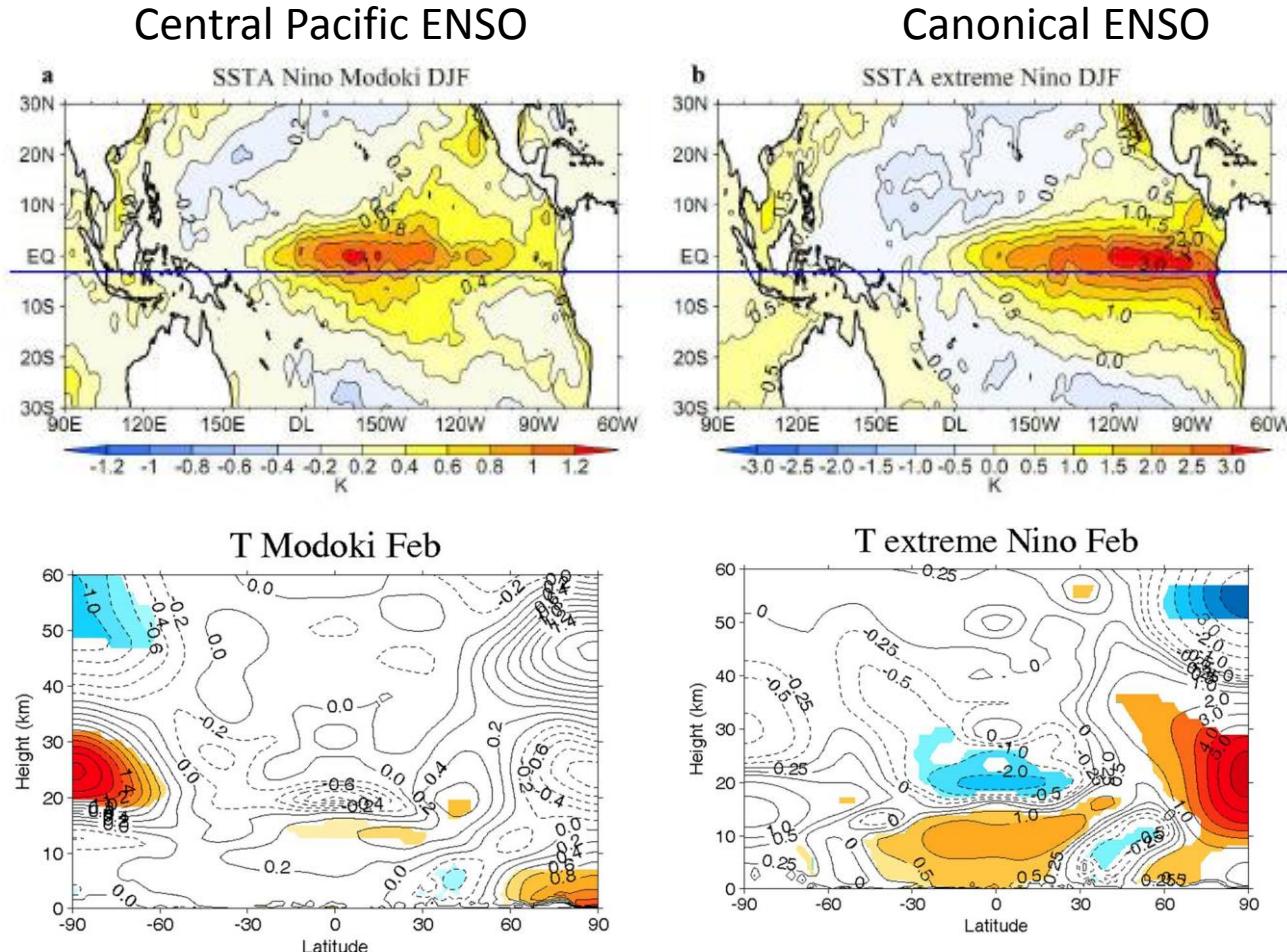
## Motivation:

- A 2-way dynamical connection between the stratosphere and tropospheric weather and climate has potential to provide a source of predictability, at both extra-tropical and tropical latitudes.
- However, the potential source of predictability emerging from the stratosphere – is largely not represented or misrepresented in current models for climate prediction.



# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Señal de diferentes tipos de Niño en la estratosfera



El Niño (ENSO) es la principal fuente de variabilidad troposférica.

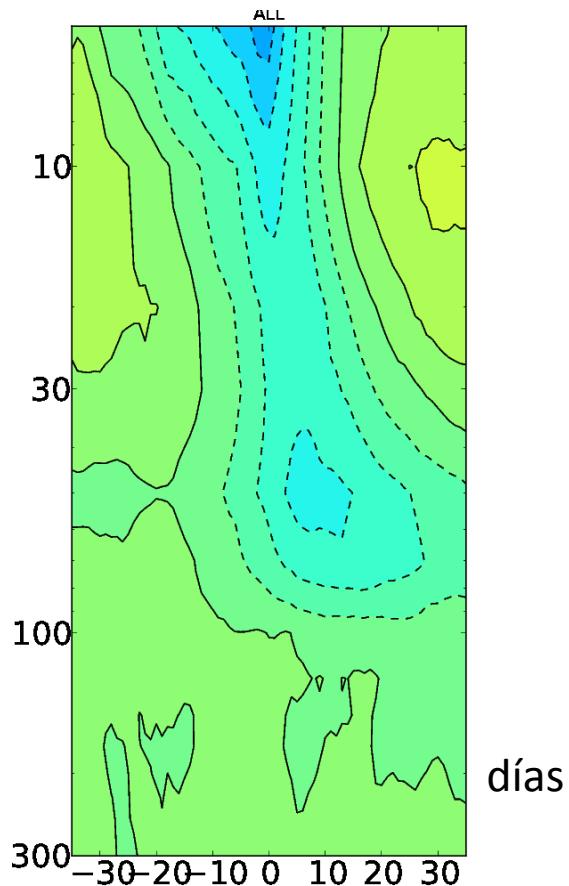
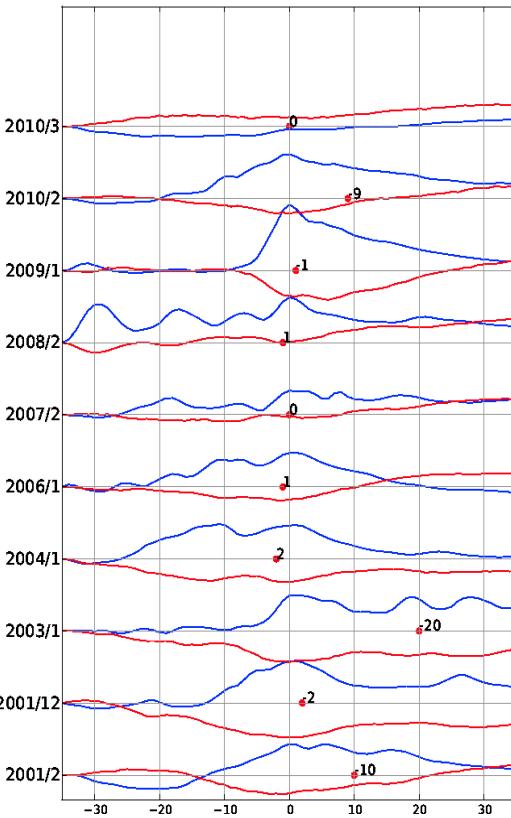
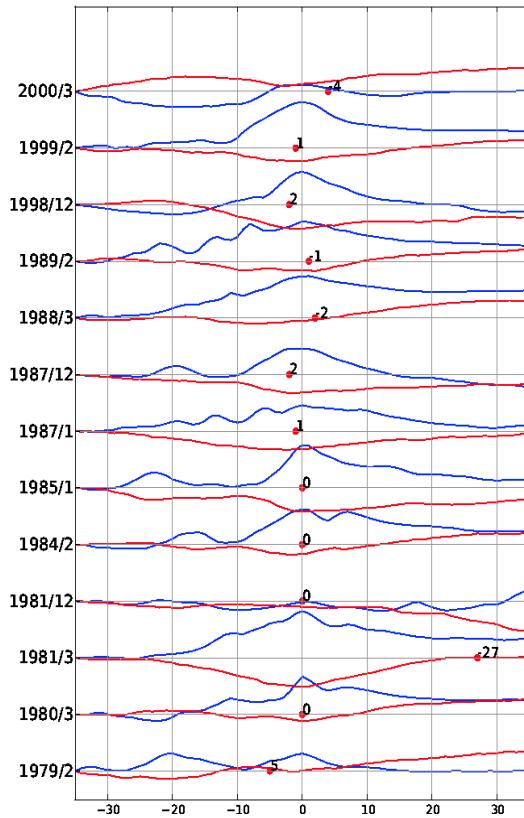
En los últimos años se ha detectado un nuevo patrón (Modoki), caracterizado por un calentamiento en el Pacífico central.

La figura muestra cómo su señal alcanza la estratosfera el hemisferio Sur (izda), mientras que la de el Niño canónico (derecha) se detecta en el H Norte. Esto se debe a cambios en los patrones de convección y de ondas.

# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Señal de los Calentamientos Súbitos Estratosféricos (SSW) en Trópicos

Temperatura polar (60-90N) y tropical (10N-10S) durante SSW: comportamiento opuesto

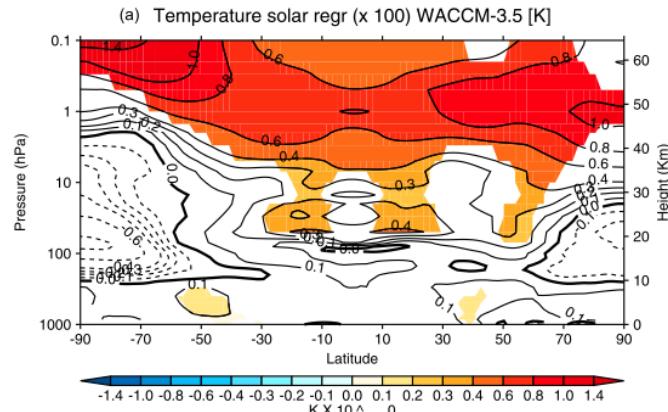


Durante las fechas de SSWs, se produce un calentamiento pronunciado en la estratosfera polar del HN y un enfriamiento en la región tropical.

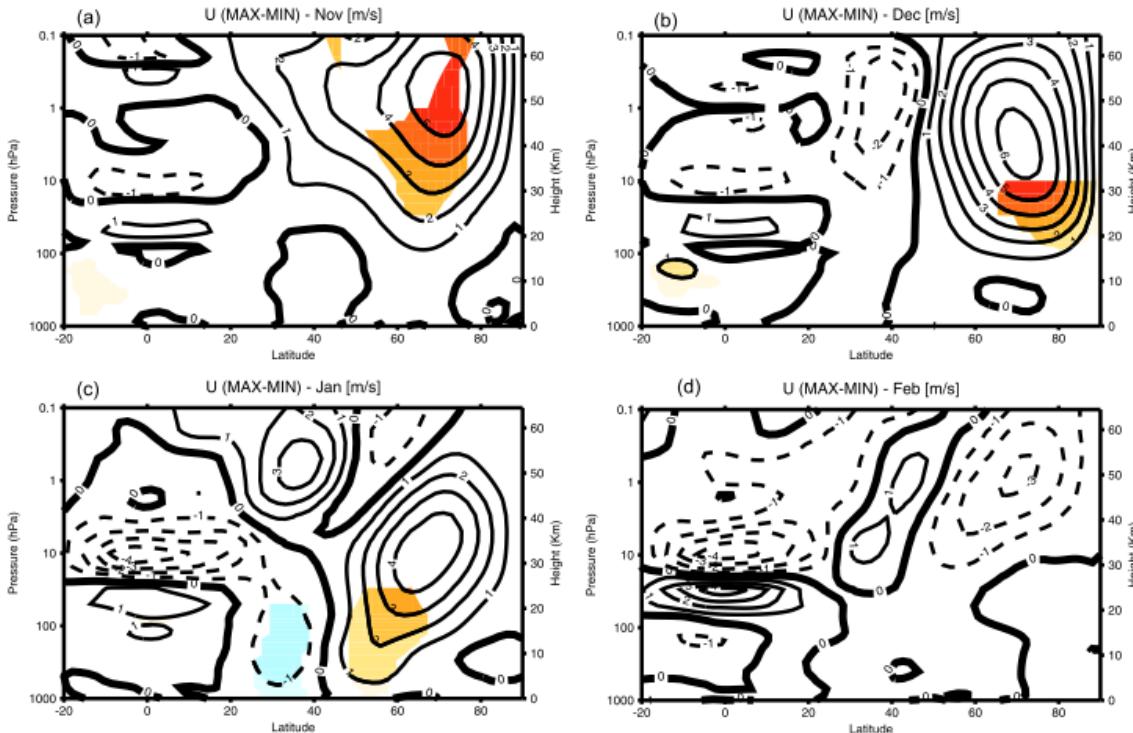
Propagación descendente de enfriamiento anómalo en trópicos.

# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Actividad solar



Se analiza el impacto de la actividad solar en la circulación estratosférica y su propagación hacia la troposfera. La figura muestra el impacto de ciclo solar de 11 años en la temperatura.

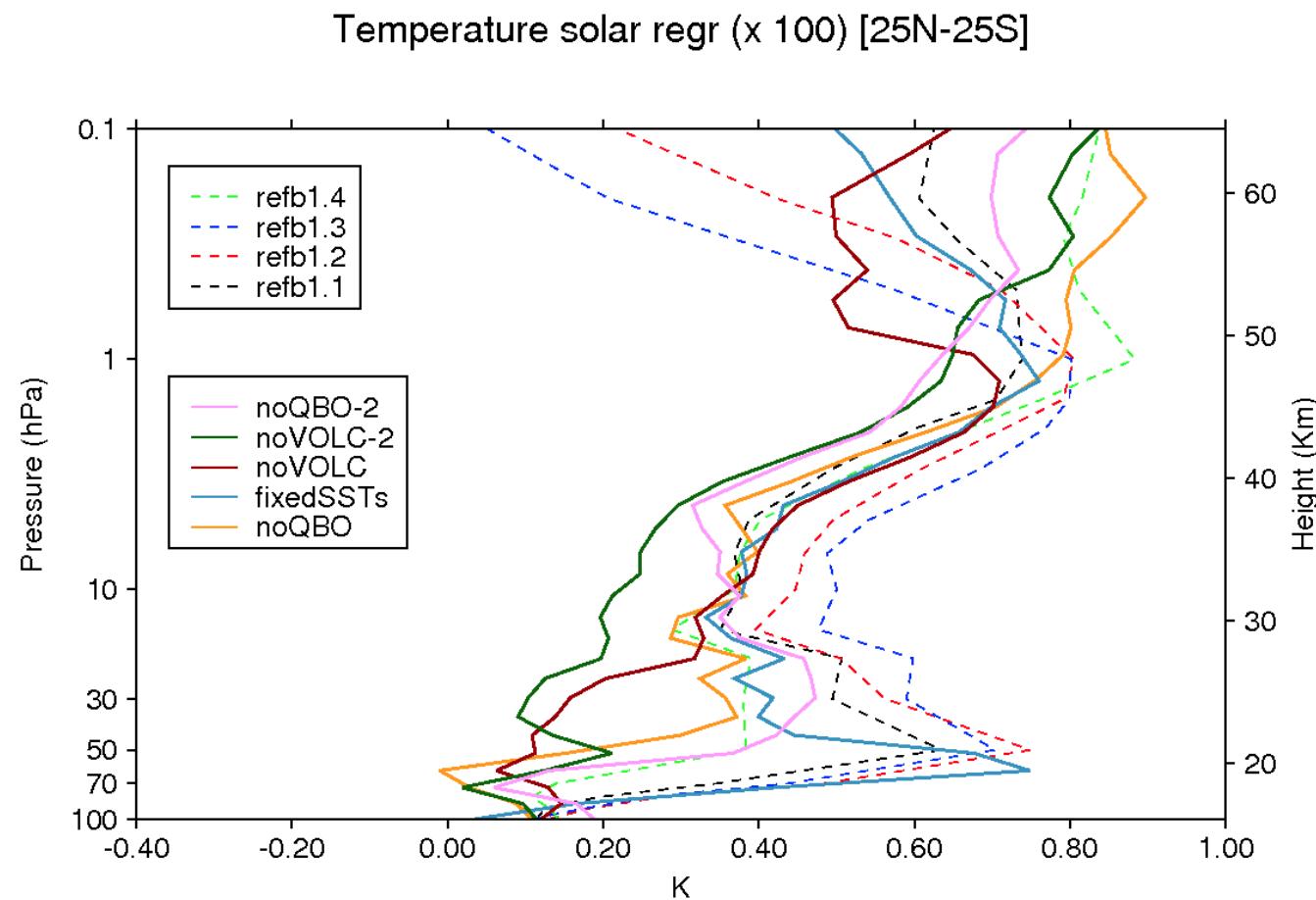


Las figuras muestran la variación del viento zonal según las fases extremas del ciclo solar para diferentes meses del invierno boreal

# Modelos climáticos Globales (WACCM)

## Actividad solar

Señal solar en la temperatura tropical: incertidumbre del máximo secundario en la baja estratosfera en función de la interacción con distintas fuentes de variabilidad (Niño, volcanes, oscilación quasibienal de vientos tropicales...)





# COLABORACIONES

# Colaboraciones entre grupos del SyeC Consolider

## « ES-BSC and CS-BSC

- Analysis of HERMES code in order to enhance its performance in the supercomputing environment:
- Modification of the original sequential MCIP (Meteorology Chemistry Interface Processor) version to get a parallel code
- Diagnosis of the computational performance of the meteorological model NMMB (2011 version) in Marenostrum v2
- Porting and testing the NMMB/BSC-CTM model
  - in different and new architectures CURIE (PRACE); Marenostrum v3
- Analysis of the computational performance of the EC-EARTH climate model (PRACE)
- COMPSS software related to the IS-ENES project

## « ES-BSC and CASE-BSC

- Development of new numerical schemes of atmospheric models for increasing scalability and computational performance of codes
  - Cosupervision PhD

## « ES-BSC and CIEMAT

- Coupling CHIMERE & HERMES.
- Analysis high-resolution simulations of air quality in Spain (HERMES-WRF-CMAQ vs EMEP-WRF-CHIMERE)

## « CDM-UCM, Artec-UCLM, and UB

- performance analysis and optimization of the NCAR-WACCM climate model

# Colaboraciones Externas

## Internacionales

- INERIS (Institut National de l'Environnement industriel et des risques). (France)
  - CHIMERE developments
- IPSL – France
  - CHIMERE developers
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)
  - New urban parameterizations
- Meteorological Synthesizing Centre East of EMEP (MSCE). (Geneve)
  - Emission data of heavy metals and particulate matter
- National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The US National Weather Service office. (USA)
  - NMMB/BSC-CMT development
- University of California Irvine (USA)
  - NMMB/BSC-CMT development
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (USA)
  - US federal agency focused on the condition of the oceans and the atmosphere
- Naval Research Laboratory (Naval Postgraduate School). (USA)
  - new numerical schemes of atmospheric models development
- NCAR- National Center for Atmospheric Research. (USA)
  - Plans, organizes, and conducts atmospheric and related research programs in collaboration with universities (USA).
- Instituto Max-Planck de Meteorología (Hamburgo, Alemania)
  - HAMMONIA simulations

## Nacionales

- CESGA – Centro de Supercomputación de Galicia. (Spain)
- Universidad de Extremadura. (Spain)
  - Provisión de simulaciones 3.1.9
  - Cálculo de tropopausa dinámica
  - Cálculo de tropopausa térmica con ERA-40
- Universidad de Vigo. (Spain)
  - Provisión de simulaciones 3.5.48



# PUBLICACIONES

# Artículos en revistas JCR

1. Aguilera, I., Basagaña, X., Pay, M.T., Agis, D., Bouso, L., Foraster, M., Rivera, M., Baldasano, J.M. & Künzli, N. Evaluation of the CÁLIOPE air quality forecasting system for epidemiological research: The example of NO<sub>2</sub> in the province of Girona (Spain). *Atmospheric Environment* 72, 134 - 141 (2013).
2. Bladé I., Fortuny D., van Oldenborgh G.J., Liebmann B. 2012: The summer North Atlantic Oscillation in CMIP3 models and related uncertainties in projected summer drying in Europe. *Journal of Geophysical Research*
3. Bladé I., Liebmann B., Fortuny D., van Oldenborgh G.J. 2012: Observed and simulated impacts of the summer NAO in Europe: Implications for projected drying in the Mediterranean region. *Climate Dynamics.*
4. Chiodo, G., and L. Haimberger. Interannual changes in mass consistent energy budgets from ERA-Interim and satellite data, *J. Geophys. Res.*, 115, D02112
5. G.Chiodo, N.Calvo, D.R. Marsh, R. Garcia-Herrera, 2012: The 11-year solar cycle signal in transient WACCM3.5 simulations. *J. Geophys. Res.*, 117, D06109.
6. Haustein, K., Pérez, C., Baldasano, J.M., Jorba, O., Basart, S., Miller, R.L., Janjic, Z., Black, T., Nickovic, S., Todd, M.C., Washington, R., Müller, D., Tesche, M., Weinzierl, B., Esselborn, M. & Schladitz, A. (2012). Atmospheric dust modeling from meso to global scales with the online NMMB/BSC-Dust model - Part 2: Experimental campaigns in Northern Africa. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 2933 – 2958, doi: 10.5194/acp-12-2933-2012.
7. M.Gómez-Escalor, S.Fueglistaler, N.Calvo, D.Barriopedro, 2012: Changes in polar stratospheric temperature climatology in relation to stratospheric sudden warming occurrence. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L22802.
8. Marras, S., Moragues, M., Vázquez, M., Jorba, O. & Houzeaux, G. A Variational Multiscale Stabilized Finite Element Method for the Solution of the Euler Equations of Nonhydrostatic Stratified Flows. *Journal of Computational Physics* 236, 380–407 (2013).
9. Marta García Vivanco, Inmaculada Palomino, Robert Vautard, Laurent Menut, Bertrand Bessagnet, Fernando Martín, Santiago Jiménez (2009): Multi-Year Assessment of Photochemical Air Quality Simulation Over Spain. *Environmental Modelling & Software*. Vol. 24, Issue 1 ISSN:1364-8152
10. Martín F, Palomino I y Vivanco M.G. (2012). Combination of Modelling and Measured Data in Air Quality Assessment in Spain. *Int. J. Environment and Pollution*, Vol. 49, Nos. 1/2, 2012
11. N. Moussiopoulos, F. Barmpas, K. Brzozowski, I. Goricsan, M. Balczò, J. Bartzis, G. Efthimiou, J.L. Santiago, A. Martilli, M. Piringer, M. Hirtl, A. Baklanov, R. Nuterman, A. Starchenko. COST 732: in practice: the MUST model evaluation exercise. *International Journal of Environment and Pollution*, 44, 403 -418. 2011.
12. Pérez, C., Haustein, K., Janjic, Z., Jorba, O., Huneeus, N., Baldasano, J. M., Black, T., Basart, S., Nickovic, S., Miller, R. L., Perlitz, J. P., Schulz, M., and Thomson, M.: Atmospheric dust modeling from meso to global scales with the online NMMB/BSC-Dust model – Part 1: Model description, annual simulations and evaluation, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 13001-13027, doi:10.5194/acp-11-13001-2011, 2011.
13. Santiago J. L.; F. Martín and A. Martilli; (2013). A computational fluid dynamic modelling approach to assess the representativeness of urban monitoring stations. *Science of the Total Environment* 454-455 (2013) 61–72
14. Spada, M., Jorba, O., Pérez, C., Janjic, Z. & Baldasano, J.M. Modeling and evaluation of the global sea-salt aerosol distribution: sensitivity to emission schemes and resolution effects at coastal/orographic sites. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 13, 11597–11657 (2013).
15. Zubiaurre, I y N.Calvo, 2011: The ENSO Modoki signal in the stratosphere. *J. Geophys. Res.*, 117, D06109



# Final Conference

## WP5: Grand Challenge in Earth Sciences



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*



**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

