

# **IMPACTOS SOBRE EL OZONO Y DEPÓSITO DE NITROGENO DE LOS CAMBIOS EN CLIMA Y EMISIONES PREVISTOS PARA 2050**

## ***IMPACTS ON OZONE AND NITROGEN DEPOSITION OF CHANGES IN CLIMATE AND AIR POLLUTANT EMISSIONS PROJECTED FOR 2050***

Mark R. Theobald<sup>(1)</sup>, Marta G. Vivanco<sup>(1)</sup>, Victoria Gil<sup>(1)</sup>, Coralina Hernández Trujillo<sup>(1)</sup>, Juan Luis Garrido<sup>(1)</sup>, Victoria Bermejo-Bermejo<sup>(2)</sup>, Ignacio González Fernández<sup>(2)</sup>, Rocío Alonso<sup>(2)</sup>, Augustin Colette<sup>(3)</sup>, Florian Couvidat<sup>(3)</sup>, Camilla Andersson<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Unidad de Modelización Atmosférica, Dpto. de Medioambiente, CIEMAT, Madrid, España, [mark.theobald@ciemat.es](mailto:mark.theobald@ciemat.es)

<sup>(2)</sup> Unidad de Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica, Dpto. de Medioambiente, CIEMAT, Madrid, España

<sup>(3)</sup> National Institute for Industrial Environment and Risks (INERIS), Verneuil-en-Halatte, Francia

<sup>(4)</sup> Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI), 60176 Norrköping, Suecia

## **SUMMARY**

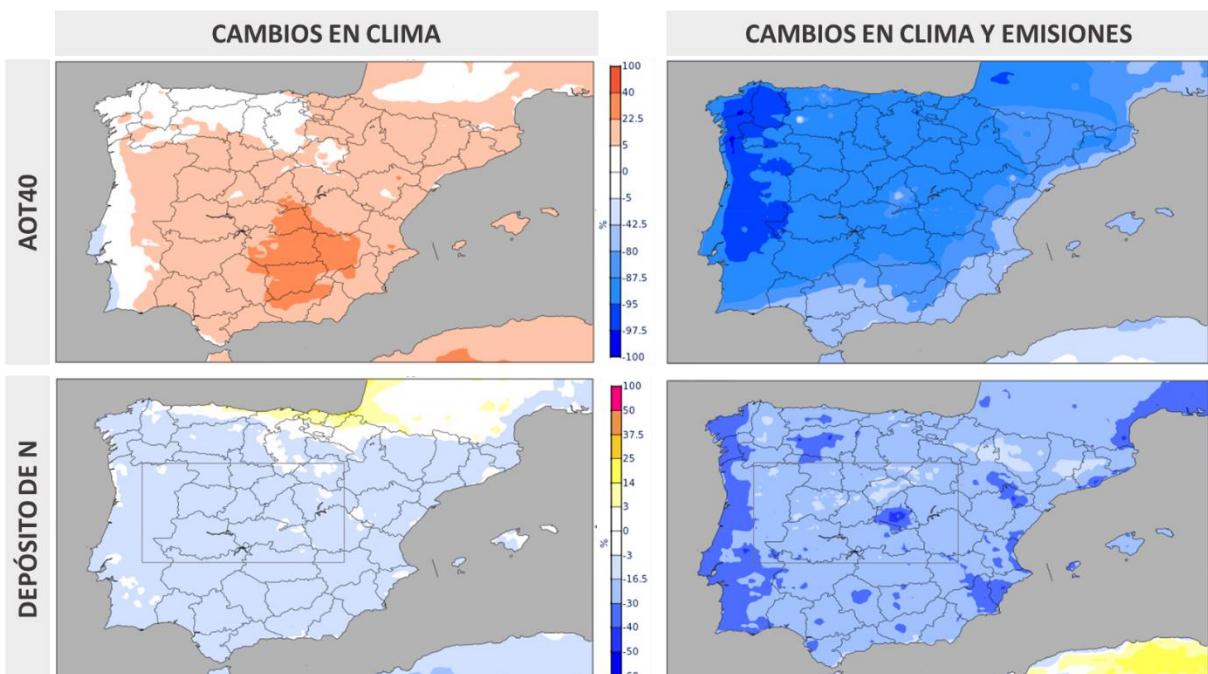
*In this study, the impacts of projected changes (2000-2050) in climate only and changes in climate plus reductions of anthropogenic emissions of air pollutants and their precursors on ozone ( $O_3$ ) and nitrogen (N) deposition were estimated using the CHIMERE air quality model for the Iberian Peninsula and Balearic Islands. The results suggest that changes in climate only will increase AOT40 (indicator for impacts of  $O_3$  on vegetation), representing a climate penalty, but decrease N deposition. The combination of changes in climate and emissions is expected to reduce the impacts of both  $O_3$  and N deposition, with the emission reductions of  $O_3$  precursors cancelling out the climate penalty for AOT40.*

El ozono ( $O_3$ ) troposférico y el depósito de nitrógeno (N) atmosférico afectan a los ecosistemas vegetales. El  $O_3$  es un gas que se forma en la atmósfera a partir de otros gases, principalmente óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que son emitidos en las actividades humanas relacionadas con el transporte y la generación de energía, aunque también por procesos naturales. La elevada capacidad oxidante del ozono afecta al funcionamiento vegetal, a nivel celular y de comunidad, repercutiendo en su crecimiento y producción vegetal, y debilitando su capacidad para combatir otros estreses bióticos y abióticos. Por su parte, los compuestos reactivos de nitrógeno (NOx, amoniaco, etc.) sufren complejos procesos químicos y físicos hasta su depósito en ecosistemas acuáticos y terrestres. Un exceso de depósito de nitrógeno conlleva problemas de acidificación de los ecosistemas, y especialmente, de eutrofización (aporte excesivo de nutrientes), afectando a los ciclos biogeoquímicos y a la biodiversidad de los ecosistemas. Las condiciones del clima mediterráneo, con elevadas temperaturas y radiación solar, favorecen la formación fotoquímica de  $O_3$  en la atmósfera, de forma que, en la mayor parte de la península Ibérica, se sobrepasan de forma crónica los umbrales establecidos en las directivas europeas de Calidad del Aire y en la Convención del Aire de Naciones Unidas para la protección de los ecosistemas terrestres. Las cargas críticas de depósito de nitrógeno atmosférico también se exceden en estas zonas. Para estimar como cambiarían los niveles de  $O_3$  y depósito de N bajo distintos escenarios del clima y emisiones antropogénicas se aplicó el modelo de calidad del aire CHIMERE para un periodo histórico (1996-2005) y un periodo futuro cercano (2046-2055).

Se empleó el modelo CHIMERE (Menut et al., 2013) con una resolución espacial de  $0,1^\circ$  (aprox.  $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ ) en un dominio que cubre la Península Ibérica y las Islas Baleares. Los datos meteorológicos utilizados para llevar a cabo las simulaciones de CHIMERE proceden del modelo WRF (Skamarock et al., 2008) a  $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ , que a su vez fue acoplado al modelo del sistema terrestre IPSL-CM5A (Dufresne et al., 2013). Las emisiones antropogénicas de contaminantes atmosféricos y sus precursores se tomaron del inventario global ECLIPSE V6b. Las emisiones biogénicas de los COV fueron calculadas por el modelo CHIMERE, mediante la parametrización MEGAN (Guenther et al., 2006). El dominio peninsular fue anidado a un dominio europeo, a  $50\text{ km} \times 50\text{ km}$ , con condiciones de contorno tomadas del modelo global LMDz-INCA (Hauglustaine et al., 2004). Se analizaron dos escenarios de clima y emisiones antropogénicas: 1) considerando sólo cambios en el clima para el escenario IPCC

RCP8.5 y 2) considerando cambios conjuntos de clima y emisiones de contaminantes, con el escenario climático IPCC RCP8.5 y la reducción de emisiones antropogénicas esperada en 2050 con las actuales políticas europeas (escenario “Current Legislation Emissions”, CLE 2050). Para analizar los impactos de los distintos escenarios (y las diferencias con respecto al periodo histórico) se calcularon el AOT40, un índice que considera los valores de O<sub>3</sub> acumulados por encima de 40 ppb durante un periodo de 6 meses, y el depósito de N acumulado anual.

Cuando se consideran únicamente cambios en el clima, se prevé un incremento generalizado de AOT40 (salvo en el norte y el oeste de la Península), destacando especialmente el SE peninsular, relacionado con el aumento de la temperatura del escenario RCP8.5 (penalización climática del O<sub>3</sub>) (Figura 1). Cuando además de los cambios en el clima, se reducen las emisiones, las simulaciones señalan una reducción general del AOT40, más acentuada en oeste peninsular. Esta reducción de O<sub>3</sub> se relaciona con los descensos de emisiones de NO<sub>x</sub> previstos para 2050. En cuanto al depósito de N, el escenario con cambios solo en el clima produce un descenso ligero en toda la Península, salvo en el norte, coincidiendo con la zona donde hay una previsión de aumento de precipitación en el escenario RCP8.5. Sin embargo, cuando además se reducen las emisiones, se estima un importante descenso generalizado del depósito de N superior al 20%.



**Figura 1 – Cambios estimados (%) en los valores de AOT40 específico de bosques (línea superior) y el depósito de N (línea inferior) en 2050 considerando solo escenarios debidos al cambio climático (izda.) y escenarios combinados de cambio climático y emisiones restringidas (dcha.).**

## REFERENCIAS

- Dufresne, J. L. et al. (2013): *Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5.* Clim Dyn 40(9-10):2123–2165.
- Guenther, A. et al. (2006): *Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)*, Atmos. Chem. Phys., 6, 3181–3210.
- Hauglustaine, D. A. et al. (2004) : *Interactive chemistry in the Laboratoire de Météorologie Dynamique general circulation model: Description and background tropospheric chemistry evaluation.* J. Geophys. Res. (Atmospheres), 109(D4).
- Menut, L. et al. (2013a): *CHIMERE 2013: A model for regional atmospheric composition modelling.* Geosci. Model Dev. 2013, 6, 981–1028.
- Skamarock, W. C. et al. (2008): *A description of the advanced research WRF Version 3*, Mesoscale and Microscale Meteorology Division. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA 88:7–25.