CALIDADE DO AIRE DE GALICIA

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS

# A modelización: un instrumento para avaliar a calidade do aire

**María Luz Macho Eiras**
**Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia**
Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Investigación – CMATI
XUNTA DE GALICIA

**Curso de Saúde Ambiental**
9 de mayo de 2012

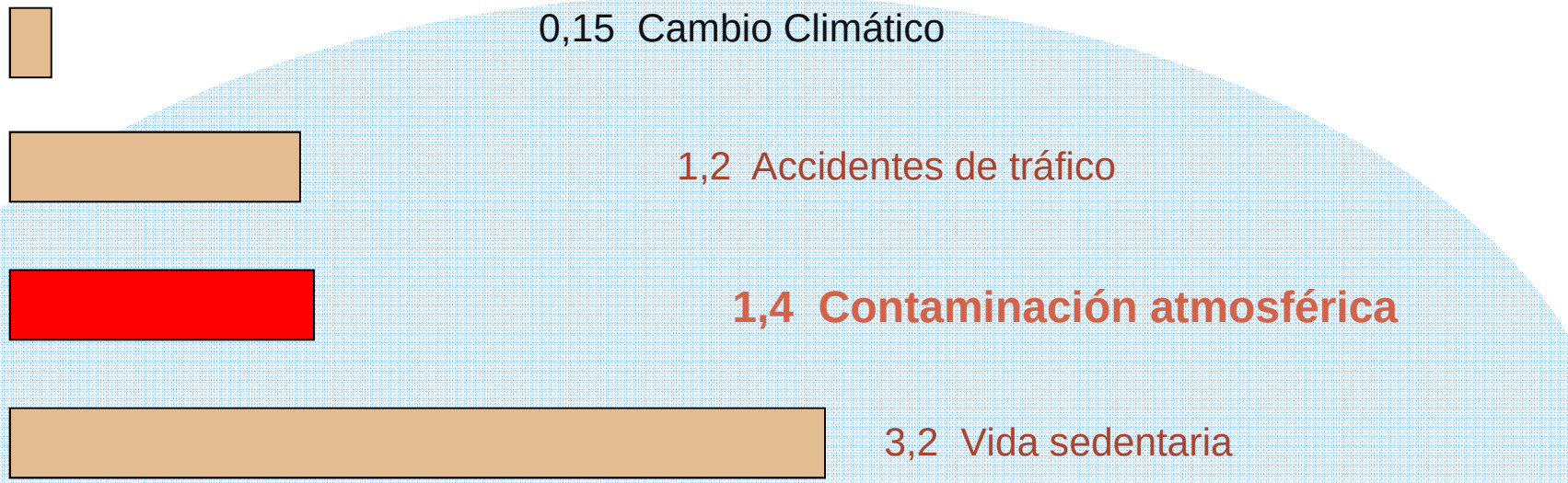
galicia

# Índice

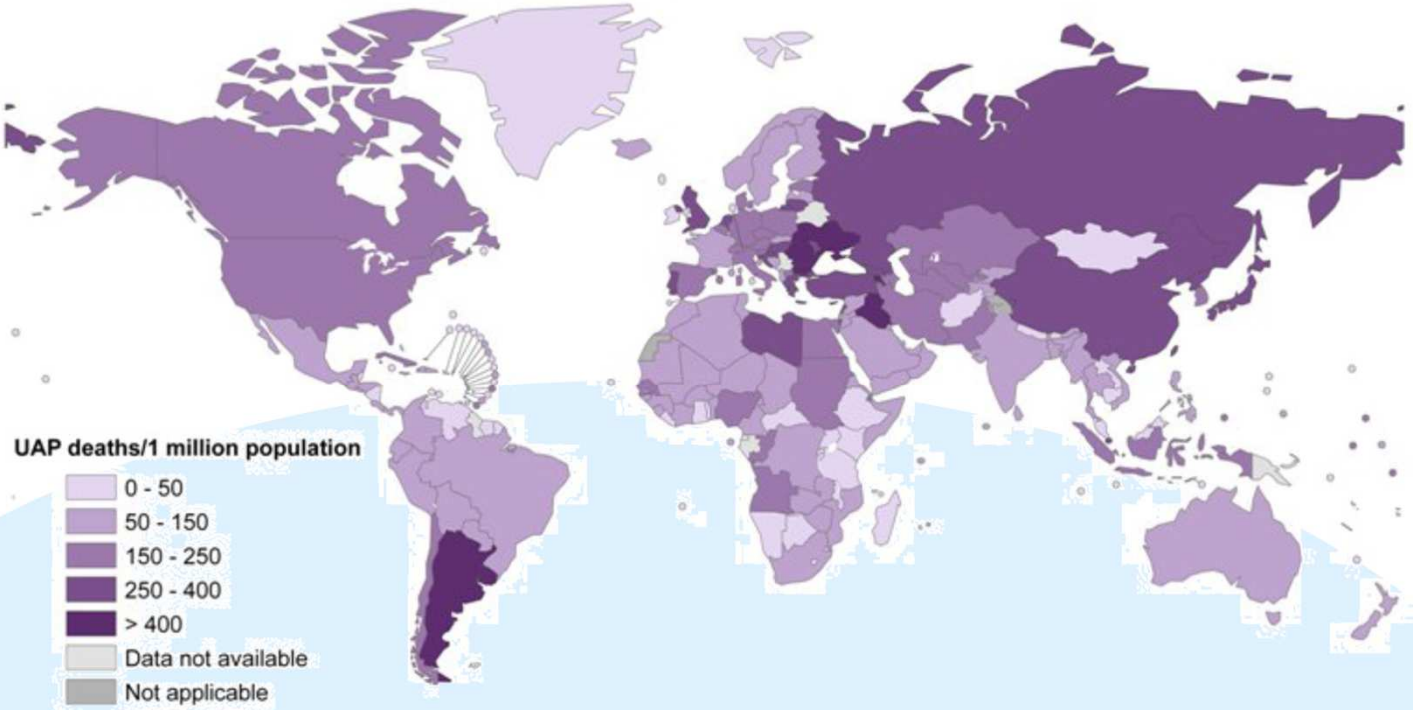
- **La contaminación atmosférica: Introducción**
- **Evaluación de la calidad del aire**
- **Modelización**
  - Introducción: Modelos de dispersión
  - Legislación
  - Tipos
  - Experiencias en Galicia

**Tres de cada cuatro españoles** vive en entornos urbanos con **niveles de contaminación por encima de la reglamentación y las recomendaciones**, lo que provoca una reducción de la esperanza de vida de entre varios meses y dos años (Observatorio de la Sostenibilidad en España)

Según un estudio (Cohen et al, 2003) avalado por la OMS, se atribuye a la contaminación atmosférica un **1,4% de las muertes en el mundo**.

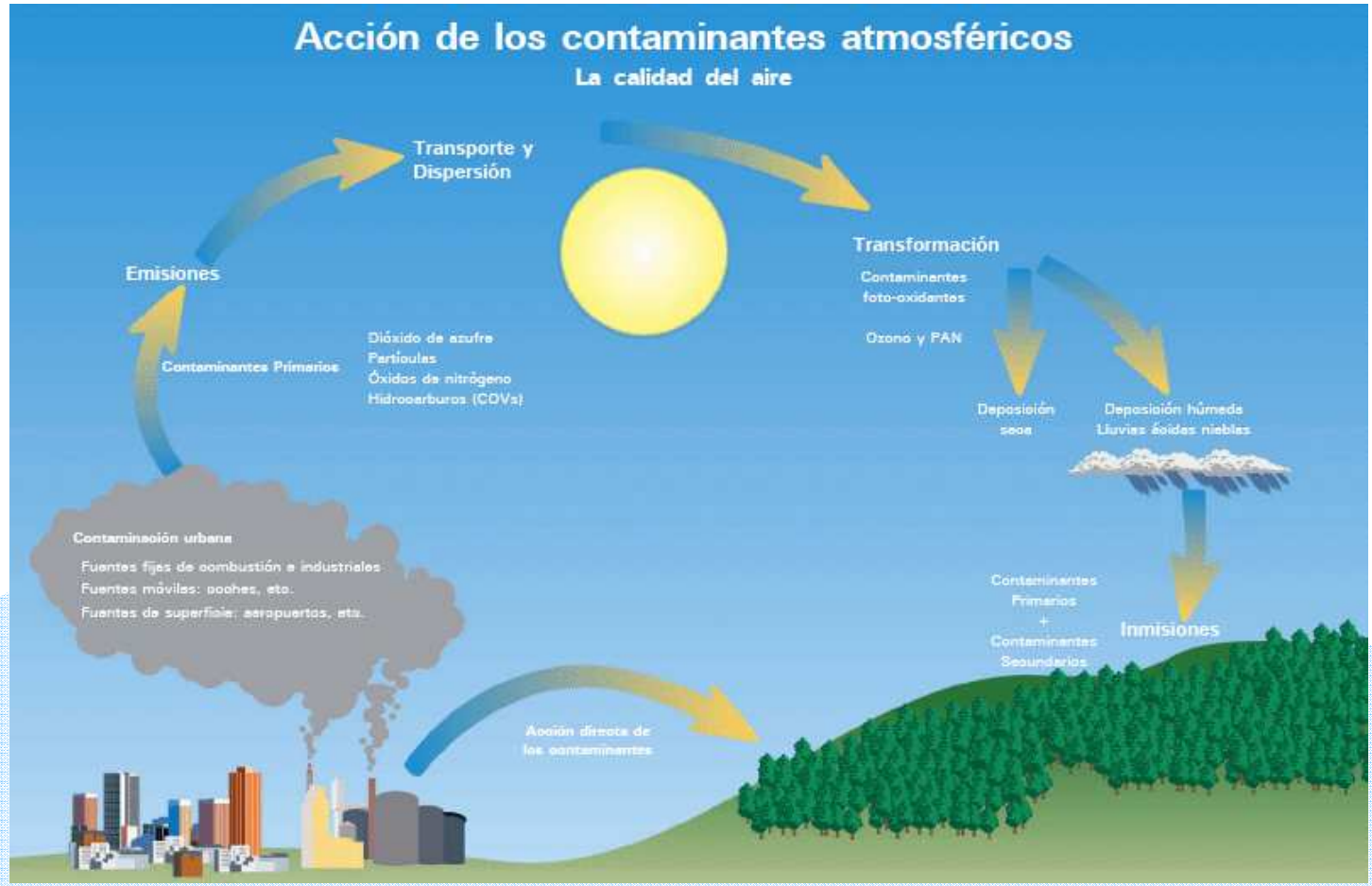


## Deaths attributable to urban air pollution, 2004




The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: Global Health Risks, WHO 2009.
© WHO 2010. All rights reserved.


Acción de los contaminantes atmosféricos
La calidad del aire
Transporte y Dispersión
Emisiones
Transformación
Contaminantes foto-oxidantes
Ozono y PAN
Contaminantes Primarios
Dióxido de azufre
Partículas
Óxidos de nitrógeno
Hidrocarburos (COVs)
Deposición seca
Deposición húmeda
Lluvias ácidas nieblas
Contaminación urbana
Fuentes fijas de combustión e industriales
Fuentes móviles: coches, etc.
Fuentes de superficie: aeropuertos, etc.
Contaminantes Primarios + Contaminantes Secundarios
Inmisiones
Acción directa de los contaminantes

La calidad del aire de una zona se puede evaluar a través de:

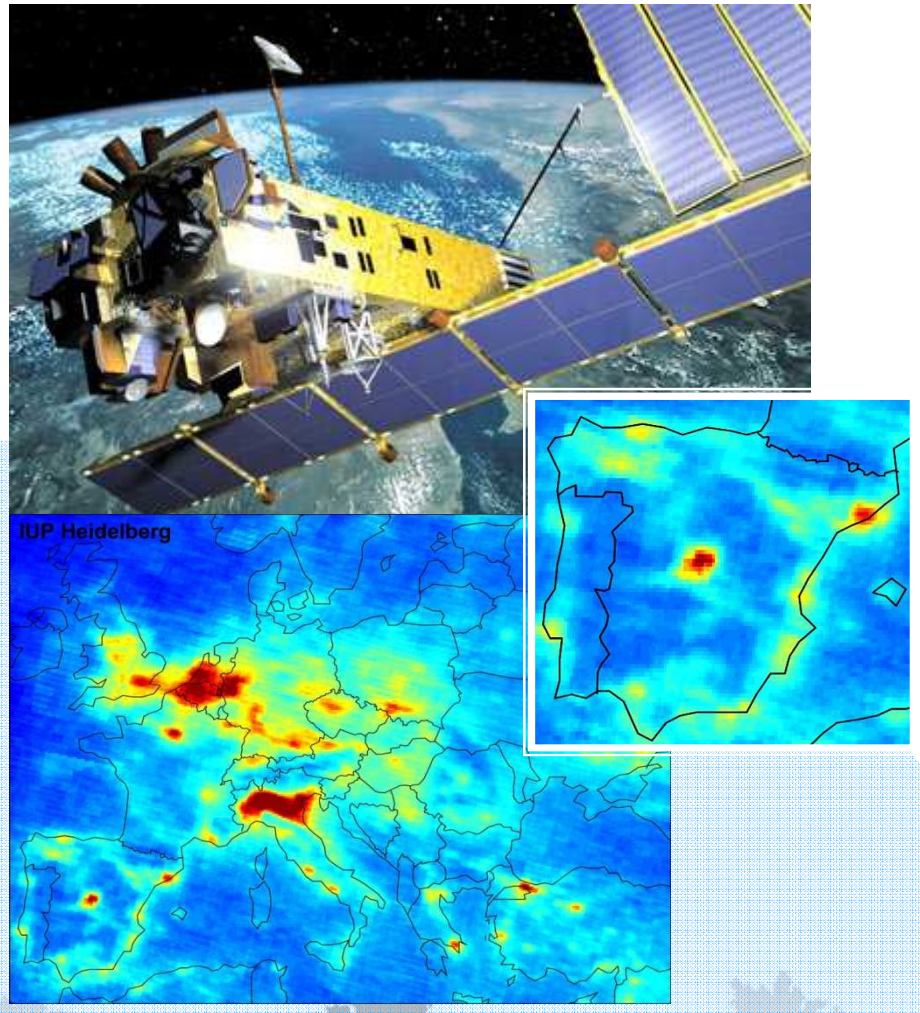
- **Mediciones:**
  - Fijas
  - Indicativas
  - **Otros métodos de medida/observación**
    - Satélites (medidas e imágenes)
- **Estimación Objetiva:**
  - No fuentes contaminantes → no contaminación
- **Modelización**: modelos numéricos que simulan los procesos de dispersión de los contaminantes en la atmósfera

## Sensor Sciamachy del ENVISAT

→Espectrómetro de absorción (DOAS) de imágenes digitalizadas para cartografía atmosférica.
Financiado con fondos alemanes, holandeses y belgas. Este instrumento registra el espectro de rayos solares que pasan a través de la atmósfera. Posteriormente los resultados se tamizan cuidadosamente para encontrar "huellas" de absorción espectral de gases trazas en el aire. Entre los gases medidos está el NO2 (dióxido de nitrógeno).

→ Realiza mapas globales de contaminación atmosférica
→ Basado en 18 meses de observación
→Envisat a unos 800 Km. De altura

Densidad de la columna vertical (VCD) de NO2 (año 2004)
Unidades: 1015 moleculas/cm2



La Voz de Galicia
lavozdegalicia.es
Martes, 19 de Octubre de 2004

Entra en nuestra tienda...
lavozdegalicia.es



A FONDO

CHEQUEO A LA ATMÓSFERA DE GALICIA | Lunes 18 de octubre de 2004

# La contaminación por nitrógeno en el sur de Lugo es de las más altas de España

**La Agencia Espacial Europea ha realizado el mapamundi más detallado sobre emisiones de este gas**

El azufre y el carbono del aire gallego también exceden la media española.

- **Análisis:** Un problema añadido para los asmáticos y para los niños
- Galicia aparece por primera vez en un mapa de medición de gases de la Agencia Europea
- La comunidad gallega también es puntera en contaminación por dióxidos de azufre y carbono



**(p. v. | redacción)**

Os Ancares y O Courel, supuestos pulmones de Galicia y dos de los reductos naturales mejor conservados de la comunidad, presentan la mayor concentración de dióxido de nitrógeno en el aire de toda la comunidad y una de las tasas más elevadas de este gas contaminante (NO2) de toda España. Este sorprendente dato lo acaba de aportar el satélite Envisat de la Agencia Espacial Europea (ESA), que ha elaborado el mapa más detallado realizado hasta el momento de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en el planeta.

Centroeuropa, por ejemplo.

## Imágenes satélite de aerosoles

**MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)**

GRAN RELEVANCIA EN CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA

Incursión de aerosoles procedentes del Sahara/Sahel

http://modis.gsfc.nasa.gov

"La modelización es aplicable a todos los aspectos de los problemas de contaminación atmosférica"

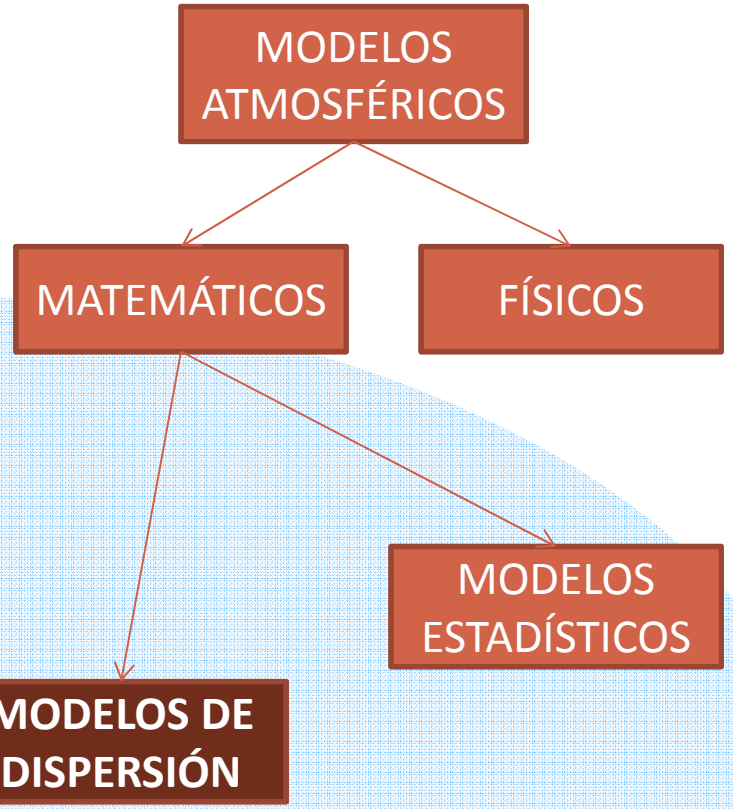
- Paolo Zanetti -

## MODELIZACIÓN ATMOSFÉRICA

# ¿QUÉ SON LOS MODELOS DE DISPERSIÓN?

Los modelos de atmosféricos pueden dividirse en modelos **físicos** y modelos **matemáticos**.

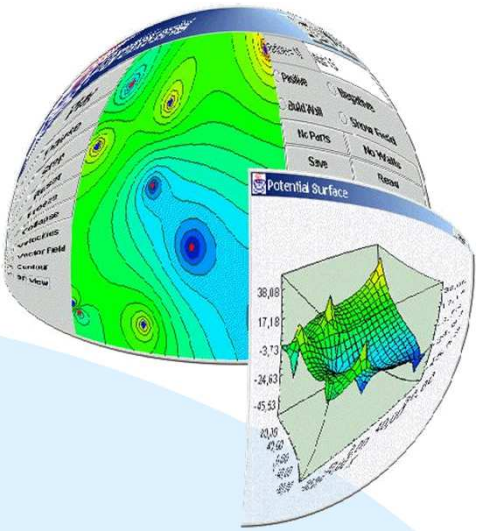
A su vez, los modelos matemáticos se pueden clasificar en modelos que incorporan los procesos físicos y químicos que suceden en la atmósfera y modelos basados en análisis estadístico.




Los **modelos de dispersión** son aquellos capaces de resolver la concentración de las especies químicas en la atmósfera mediante una expresión matemática de los procesos físicos y químicos que afectan a dichas concentraciones.

# ¿QUÉ SON LOS MODELOS DE DISPERSIÓN?

Un modelo de calidad del aire o de dispersión es una herramienta de cálculo que permite obtener una estimación de los niveles de inmisión, originados por las emisiones de fuentes emisoras de contaminantes, bajo determinadas circunstancias meteorológicas, sobre un área geográfica previamente definida.




Existen diferentes tipos de modelos **de dispersión** de calidad del aire, aunque los más utilizados son aquellos que se diferencian por la base algorítmica utilizada (Gaussianos, Lagrangianos, Eulerianos).

En la **Directiva 1996/62** sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (Diario Oficial n° L 296 de 21/11/1996), - Directiva marco de calidad del aire - se establece el **uso de otras técnicas de evaluación de la calidad del aire**, además de los sistemas de medición, en particular la modelización (artículo 4.3.b).

En la **Directiva 1999/30** relativa a los valores límites de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente (Diario Oficial n° L 163 de 29/6/1999), que deriva de la directiva marco, se **implica el uso de la modelización** (referida a los modelos de calidad del aire) en los siguientes puntos:

- ✓ En la evaluación preliminar (Dª. 96/62 Art. 5)
- ✓ En la evaluación posterior (Dª. 96/62 Art. 6.3 y 6.4)
- ✓ En la información a suministrar a la población (Dª. 96/62 Art. 10 y Anexo IV. Dª 99/30 Anexos I (SO2) y II (NOx), ap III.)
- ✓ Alcance superficial de las superaciones
- ✓ Determinación del número de personas afectadas
- ✓ Duración previsible de las mismas
- ✓ Anticipación en el suministro de la información. Predicción
- ✓ Determinar el origen de la contaminación (Dª 96/62 Anexo IV.5)
- ✓ Información a transmitir a la Comisión (Dª 96/62 Art. 8 Anexo IV)
- ✓ Elaboración de planes y programas (Dª 96/62 Art. 8.3 y 8.4)
- ✓ Requisitos aplicables a las zonas en que los niveles sean inferiores al valor límite (Dª 96/62 Art. 9)

DIRECTIVA 1996/62/CE

**MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE**

Soportar predicciones a corto plazo sobre la posible evolución de la situación para poder realizar avisos a la población y preparar propuestas de adopción de medidas, planes ó programas de reducción en el caso de superación de los limites de calidad establecidos.

En la legislación española encontramos las siguientes referencias al uso de la modelización de la calidad del aire:

**Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire**

Artículo 7. *Medidas aplicables cuando se superen los umbrales de alerta.*

Cuando se superen o se prevea que se van a superar los umbrales de alerta, las Administraciones competentes adoptarán las medidas necesarias de urgencia e informarán a la población de los niveles registrados o previstos y de las medidas que se vayan a adoptar. Las Entidades locales, en su caso, informarán a la Administración de la Comunidad Autónoma correspondiente.

II. Umbral de alerta del dióxido de azufre.

El valor correspondiente al umbral de alerta del dióxido de azufre se sitúa en 500 $\mu g/m^3$ registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 $km^2$ o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

III. Informaciones mínimas que deberán comunicarse a la población en caso de superación del umbral de alerta del dióxido de azufre.

La información que debe comunicarse a la población incluirá, como mínimo, los detalles siguientes: fecha, hora y lugar del episodio y causas del episodio si se conocen; previsiones: modificación de las concentraciones (mejora, estabilización o deterioro), causa de la modificación prevista, zona geográfica afectada, duración; tipo de población potencialmente sensible al episodio; precauciones que debe adoptar la población sensible.

En la legislación española encontramos las siguientes referencias al uso de la modelización de la calidad del aire:

**Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire**

II. *Información mínima que se deberá facilitar a la población cuando el umbral de información o de alerta se supere, o cuando se prevea que se vaya a superar*

Deberá facilitarse a la población, a una escala suficientemente grande y cuanto antes, la siguiente información mínima:

1) Información sobre la superación o superaciones observadas:

Situación o área de las superaciones.
Tipo de umbral superado (de información o de alerta).
Hora de inicio y duración de la superación.
Concentración máxima de las medias horaria y octohoraria.

2) Previsión para la siguiente tarde/día (s):

Área geográfica en la que se espera la superación del umbral de información o alerta.
Evolución prevista de la contaminación (mejora, estabilización o empeoramiento).

En la legislación española encontramos las siguientes referencias al uso de la modelización de la calidad del aire:

**Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire**

**Umbral superior de evaluación**: nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de mediciones fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente. (R.D. 102/2001)

**Umbral inferior de evaluación:** Nivel por debajo del cual es posible limitarse al empleo de técnicas de modelización para evaluar la calidad del aire ambiente. (R.D. 102/2011)

En Galicia, el uso de la modelización como una técnica alternativa y complementaria para la evaluación de la calidad del aire se establece en la **Lei 8/2002, do 18 de decembro, de protección do ambiente atmosférico de Galicia**, que expone en su artículo 10:

Artigo 10. Modelización da calidade do aire ambiente.

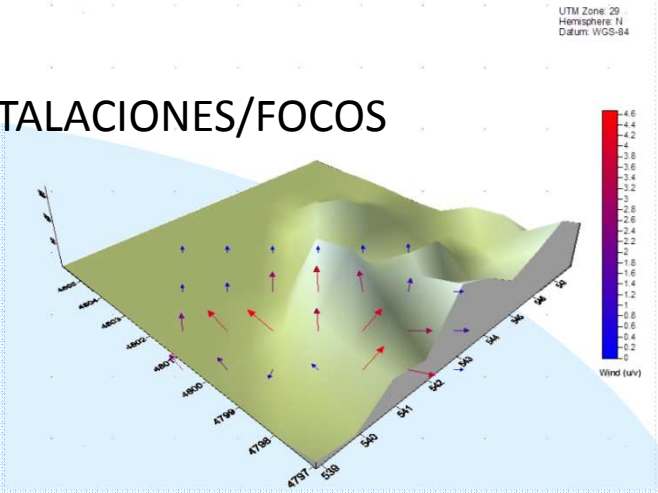
Co fin de cubrir ó máximo o territorio da Comunidade Autónoma, e cando pola súa importancia relativa ou porque razóns técnicas, económicas ou operativas non permitan ou xustifiquen a instalación de sistemas de medición directa, poderá facerse uso doutros procedementos de avaliación da calidade do aire ambiente e en particular da modelización. Para tal efecto, a Administración pública galega establecerá regulamentariamente, en cada caso e de acordo cos medios tecnolóxicos existentes nese momento, os criterios de resolución espacial do modelo, os métodos de avaliación obxectiva e as técnicas de referencia para a súa validación.

## ¿PARA QUÉ MÁS SE UTILIZAN?

→**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE** (LOCAL, REGIONAL, GLOBAL)
→**PREDICCIÓN** DE LOS NIVELES DE INMISIÓN

→ ESTUDIOS DE **ESCENARIOS** DE EMISIONES:
- →PLANIFICACIÓN DE UBICACIÓN DE NUEVAS INSTALACIONES/FOCOS
- →REDUCCIÓN DE EMISIONES
- →IMPACTO RELATIVO DE FUENTES EMISORAS
- → PLANTEAR EL ESCENARIO "EN EL PEOR CASO"

→ DETERMINAR EL **ORIGEN** DE LA CONTAMINACIÓN

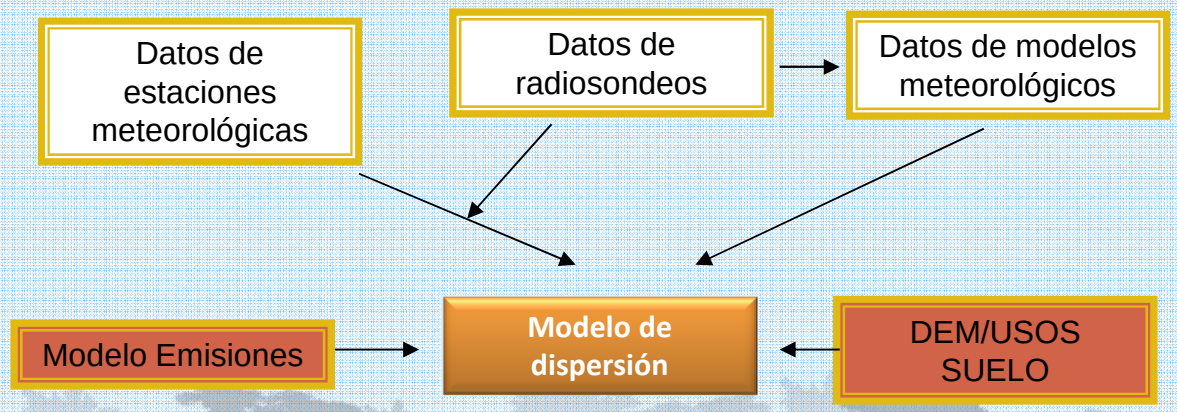



→ **Y ADEMÁS…** ES SUSTANCIALMENTE MÁS BAJO EN COSTE QUE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE POR MÉTODOS ANALÍTICOS.

→ **Los modelos de dispersión los podemos utilizar en modo diagnóstico y modo pronóstico.**

✓ En modo diagnóstico, los modelos de calidad del aire nos permiten simular concentraciones en inmisión para tiempos pasados, utilizando histórico de meteorología y de emisiones.

✓En modo pronóstico, los modelos de dispersión nos facilitarán las concentraciones esperadas en un futuro a partir de un modelo de pronóstico meteorológico y un modelo de emisiones.



## Modelos de dispersión

→ **Modelos Gaussianos**: Modelo sencillo basado en la distribución de Gauss. Emplea cálculos relativamente sencillos para estimar las concentraciones que se encuentran lejos del centro de la pluma, asumiendo una distribución normal o gaussiana.

→ **Modelos Lagrangianos**: Las masas de aire son transportadas por los campos de viento, en las cuales se van "inyectando" las emisiones que recibe a lo largo de su trayectoria.

→ **Modelos Eulerianos**: A través de algoritmos de conservación de masa y calor y de las transformaciones químicas que puedan sufrir los contaminantes, calculan el comportamiento de los compuestos químicos en una malla tridimensional fija en el espacio.

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS



## ¿Cúal es más adecuado para cada caso?

### →Modelo Gaussiano:

→ No queremos gran precisión en el resultado

→Screening de una zona

→ Las condiciones meteorológicas y de terreno no son complejas.

### →Modelos Lagrangianos y Eulerianos:

→ Terreno y meteorología complejos

→ Necesitamos mayor grado de precisión

→ Necesitamos conocer interacciones entre contaminantes y contaminantes secundarios.

→ Estimar impactos de grandes fuentes emisoras

→ Inventario de emisiones

## → EPA: RECOMENDADOS vs. ALTERNATIVOS

Actualmente, la EPA (agencia de protección ambiental de EE.UU), establece una serie de modelos **recomendados** para abordar distintos problemas de calidad del aire:

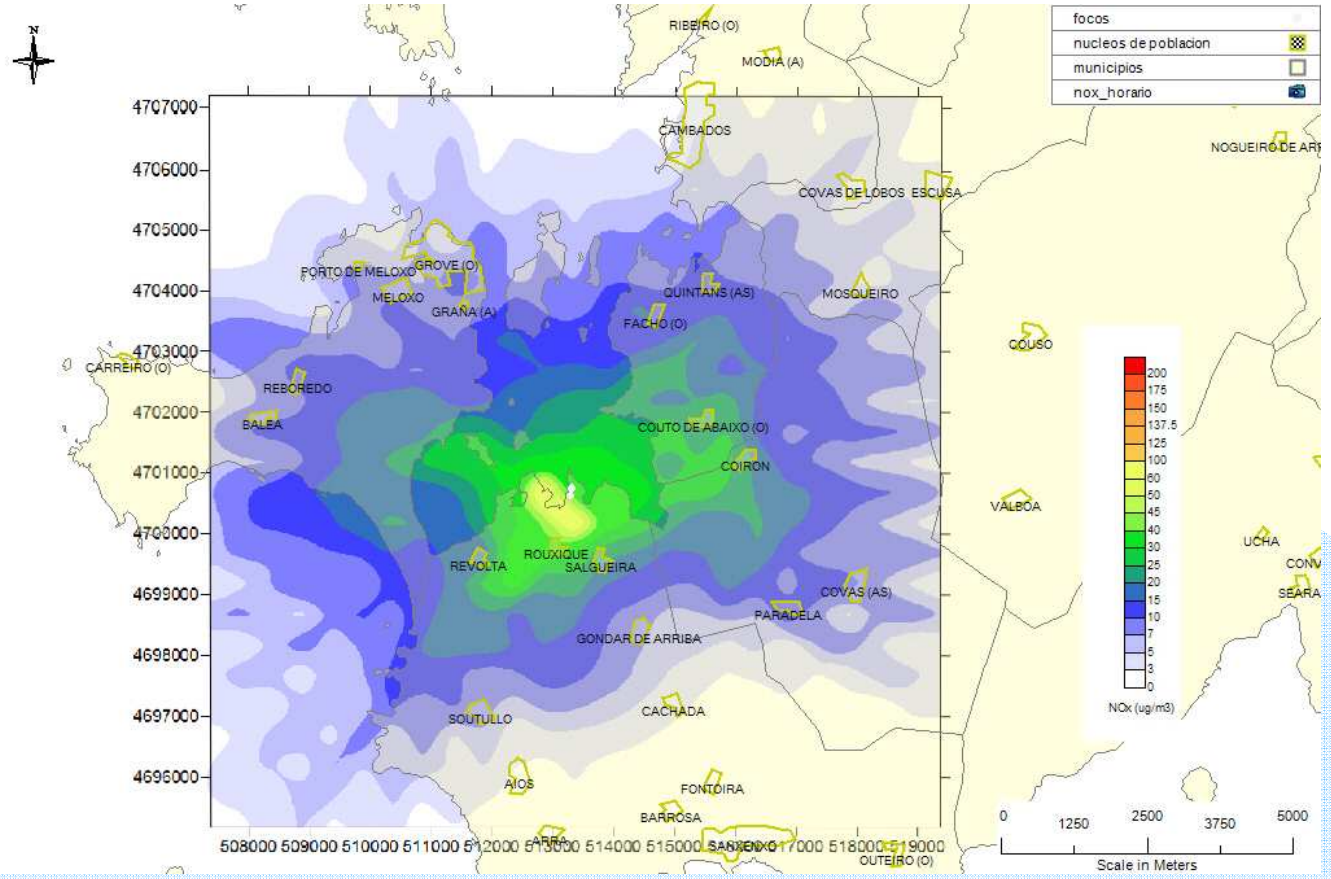
**AERMOD**

Modelo de penacho gaussiano en estado estacionario que incorpora la dispersión basada en la estructura y conceptos de escalado de la turbulencia en la capa límite planetaria, incluyendo el tratamiento de fuentes de área, de volumen y puntuales (chimeneas) y terrenos complejos y simples.
http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod

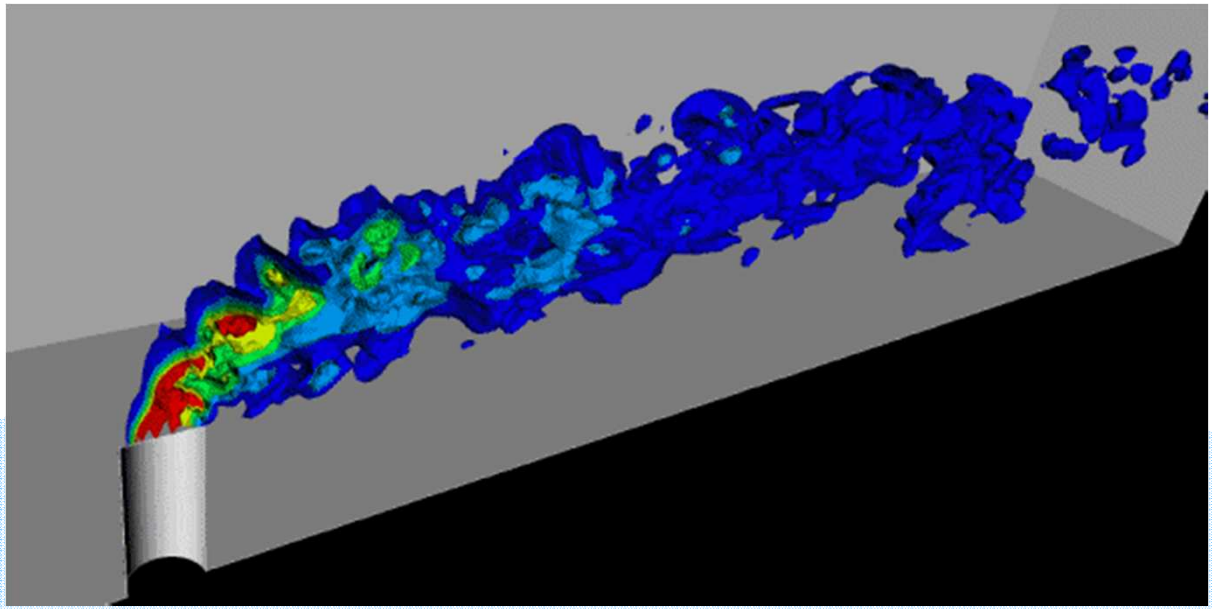
**CALPUFF**

Modelo lagrangiano de "puffs" que simula el efecto de las condiciones meteorológicas variando en el tiempo y en el espacio sobre el transporte, transformación y eliminación del contaminantes. Puede aplicarse a escalas desde decenas a centenas de Kms.
http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm

# EJEMPLO DE MODELO DE DISPERSIÓN CALPUFF



## EJEMPLO DE MODELO DE DISPERSIÓN CALPUFF

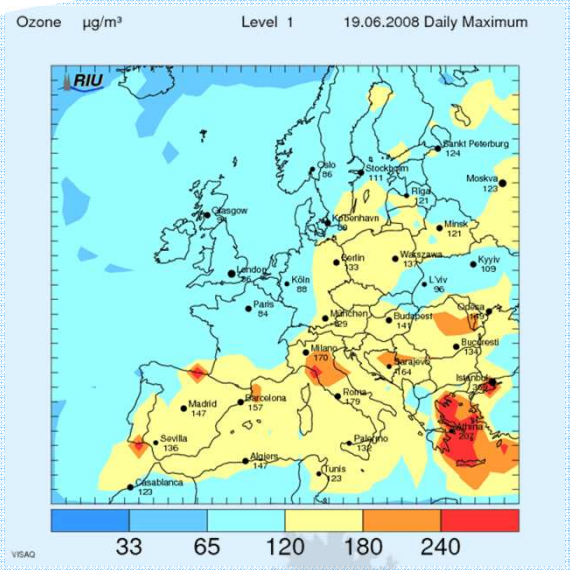


Representación en 3D de penacho

## MODELOS FOTOQUÍMICOS

Son utilizados para describir la relación que existe entre las emisiones de los contaminantes y las concentraciones de contaminantes fotoquímicos producidos por reacciones químicas en el aire, durante el transporte, la reacción, la difusión, la dilución, la sedimentación y la acumulación de los contaminantes primarios.

Los modelos fotoquímicos se suelen utilizar en **modelos de pronóstico de calidad del aire**, siendo generalmente, de base euleriana.



## MODELOS FOTOQUÍMICOS

→ **CMAQ**: Modelo Euleriano fotoquímico multiescala

Modelo desarrollado por la US EPA.
Utilizado por:
→ BSC (proyecto CALIOPE)
→ Ayto. de las Palmas (UPM)
→ Centrales de Ciclo Combinado

→ **CAMx**: Modelo Euleriano fotoquímico multiescala

Utilizado en investigaciones en Huelva y Galicia (USC)

→ **CHIMERE**: Modelo Euleriano fotoquímico multiescala

Desarrollado por Institut Pierre-Simon Laplace, INERIS, LISA y C.N.R.S.
Utilizado como modelo de pronóstico operativo en Francia, París, Portugal, y forma parte del futuro sistema de predicción de la calidad del aire en España (CALIOPE).
Utilizado por Ministerio de Medio Ambiente para complementar la evaluación de la calidad del Aire de España.
En Galicia: LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE DE GALICIA (Xunta de Galicia)

# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011)

El objeto de este estudio fue la evaluación anual de la calidad del aire de Galicia a través de un modelo exhaustivo (CHIMERE), capaz de estimar las concentraciones de contaminantes primarios y secundarios con efectos a escala local y regional.

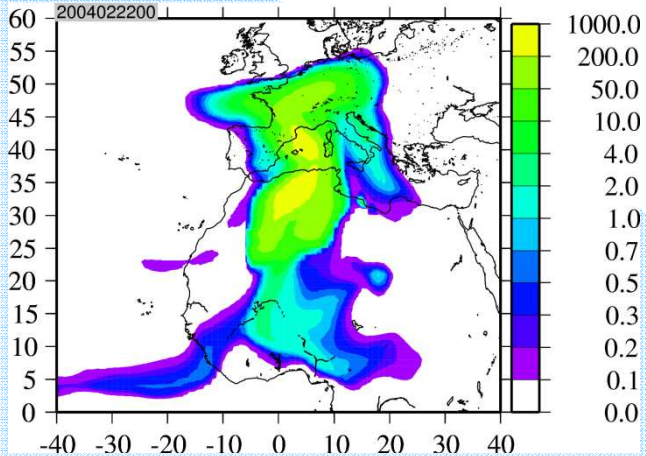
El estudio de diagnóstico se realizó a alta resolución (9 $km^2$) para Galicia, con un horizonte temporal de 1 año, en base a las salidas meteorológicas horarias generadas por el modelo WRF proporcionadas por METEOGALICIA (http://www.meteogalicia.es). Para las emisiones, se realizó un inventario sintético con base en el año 2008, pero proyectado a hipotéticas condiciones de emisión máximas.
Los contaminantes simulados fueron el Dióxido de azufre ($SO_2$), Dióxido y Óxidos de Nitrógeno ($NO_2$/ $NO_X$), Monóxido de Carbono (CO), Partículas PM10, Partículas PM2.5 y Ozono ($O_3$).

Los resultados de esta simulación permitieron elaborar mapas de concentraciones medias, máximas y superaciones de los niveles de referencia señalados en el Real Decreto 102/2011

# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): EL MODELO *Chimere*

CHIMERE es un modelo tridimensional de transporte químico multiescala, diseñado para su uso operativo en la predicción de ozono, aerosoles y otros contaminantes, así como para la generación de simulaciones a largo plazo aplicables en la evaluación de escenarios de emisiones. Puede ser utilizado sobre un amplio rango de escalas espaciales, desde regionales (de varios miles de kilómetros) hasta urbanas, con resoluciones que van desde los 100 km hasta 1-2 km.

CHIMERE simula los procesos que sufren los contaminantes en la atmosfera resolviendo la ecuación de continuidad euleriana para cada especie contaminante, en un sistema tridimensional de mallas anidadas. Esta ecuación describe la dependencia con el tiempo de la concentración media de las especies en el volumen de cada celda como la suma de todos los procesos físicos y químicos que se producen en ella.



## MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): EL MODELO *Chimere*

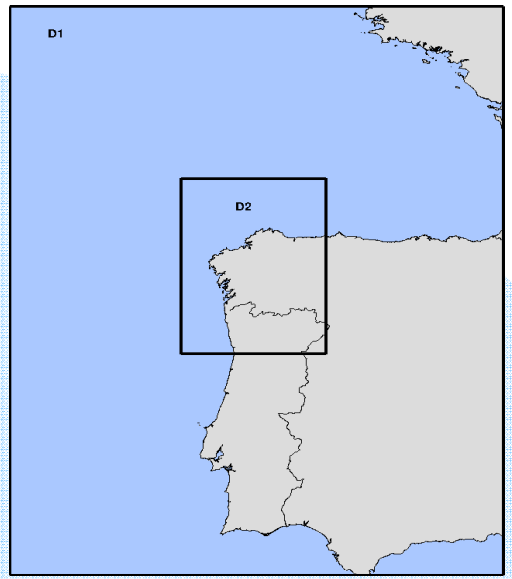
CHIMERE ofrece la opción de incluir diferentes mecanismos químicos en fase gas. El original, el mecanismo completo, denominado MELCHIOR1, describe más de 300 reacciones de 80 especies en fase gas.

Para llevar a cabo este trabajo se escogieron 2 dominios para las simulaciones, siguiendo los siguientes criterios:

→ Que cada dominio estuviese contenido completamente en la correspondiente malla meteorológica.

→ En el caso de la malla mayor (D1), poseer una extensión suficiente para representar transporte a larga distancia de los contaminantes.

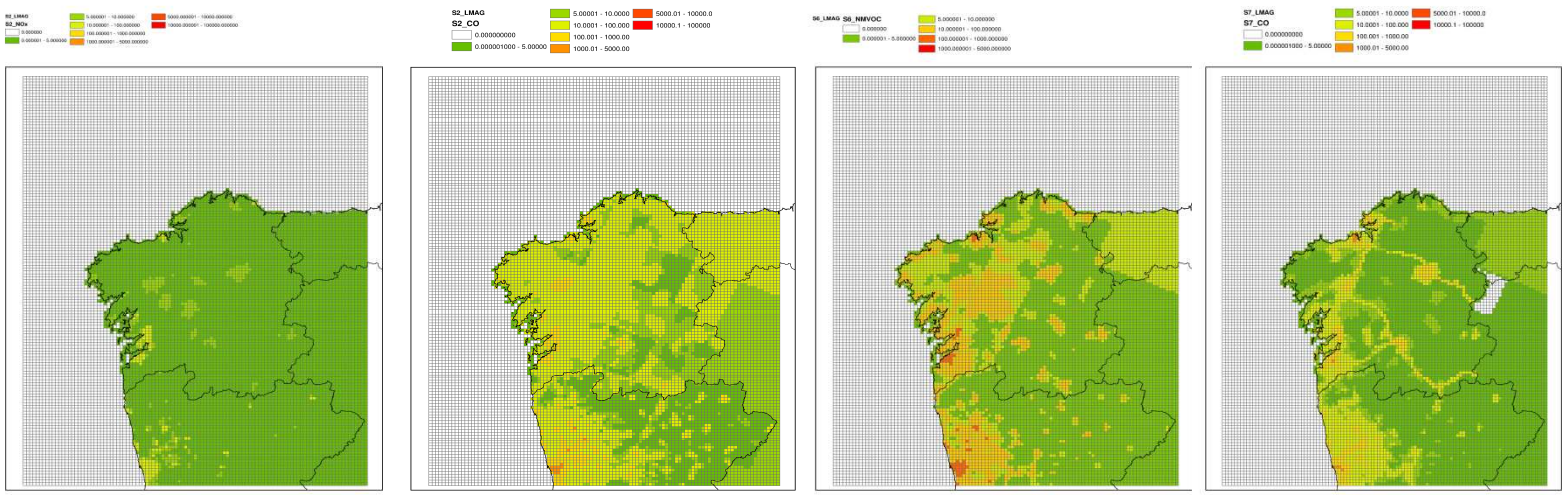
→ En el caso de la malla menor (D2), recoger todas las áreas con fuentes de emisiones representativas.



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): EMISIONES

Conectado al sistema, se desarrolló el modelo de emisiones **"EMIGAL"**, a partir del inventario sintético de emisiones a alta resolución (9 Km2), elaborado en base a distintas fuentes de datos :

-autocontroles de industrias
-E-PRTR, AAI, ...
-estaciones de aforo de tráfico
- redistribución EMEP, etc.)
- Estimación mediante factores de emisión



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): VALIDACIÓN DE LAS SIMULACIONES

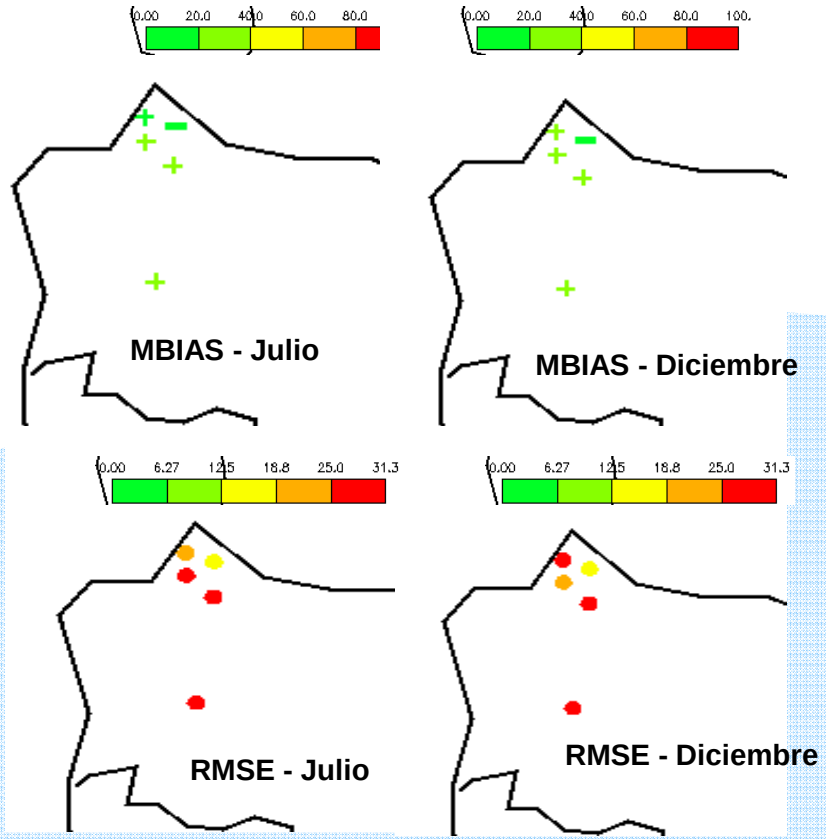
La validación de los resultados de la simulación, realizada para dos meses por separado, se hizo contra los datos horarios de medidas de cuatro contaminantes ($SO_2$, $NO_2$, partículas PM10 e $O_3$) empleando los siguientes estadísticos:

- ✓ Bias medio relativo (MB).
- ✓ Error cuadrático medio (RMSE).
- ✓ Diagramas gráficos de cuantiles (diagramas QQ), tanto sobre valores horarios como sobre máximos diarios de estos.

La herramienta de análisis empleada fue la **Delta Tool**, desarrollada por la iniciativa FAIRMODE, que trabaja en la armonización de modelos de calidad del aire en Europa bajo el amparo de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA).

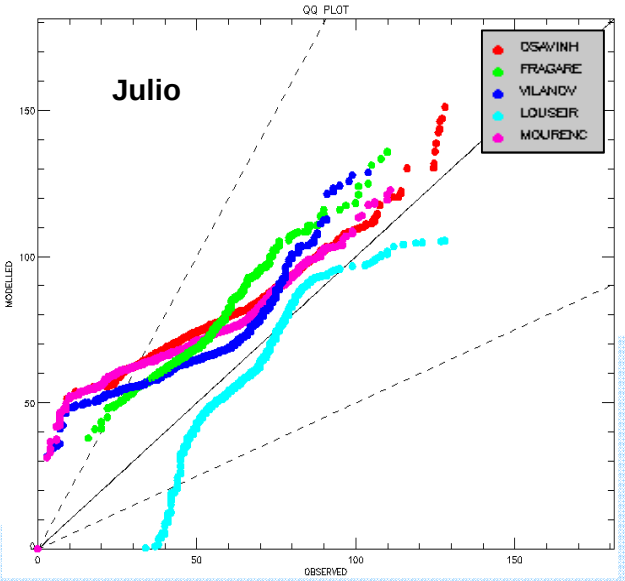
De este modo, para los contaminantes modelizados se aplicó la corrección correspondiente conforme a la validación de la simulación. Puesto que el modelo tenía un comportamiento heterogéneo en referencia a su variabilidad espacial y al tipo de contaminante, se aplicaron distintos factores de corrección.

# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): VALIDACIÓN DE LAS SIMULACIONES

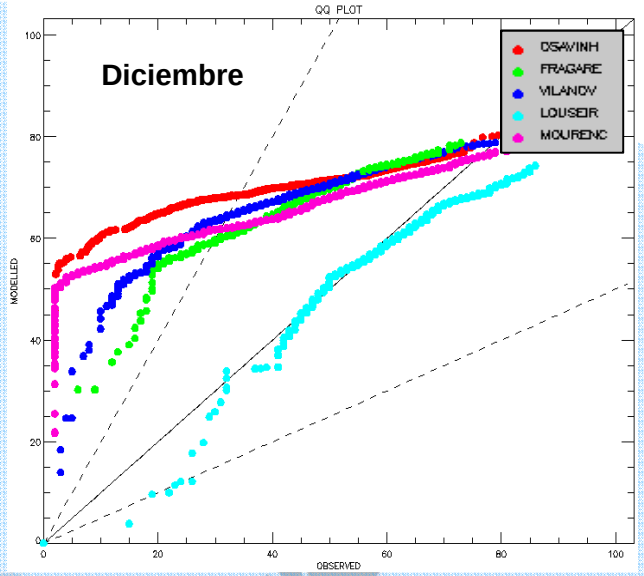



Bias medio relativo (MB) y error cuadrático medio (RMSE) para los meses de Julio y Diciembre de ozono ($O_3$) en las estaciones rurales de Galicia.

# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): VALIDACIÓN DE LAS SIMULACIONES



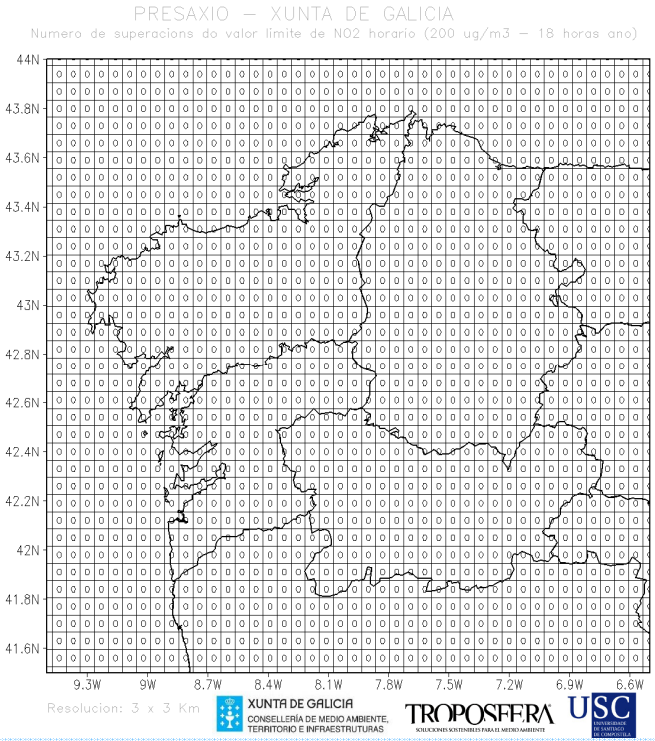

Diagramas estadísticos de cuantiles (diagramas QQ) para valores horarios de ozono ($O_3$) en estaciones rurales de Galicia.

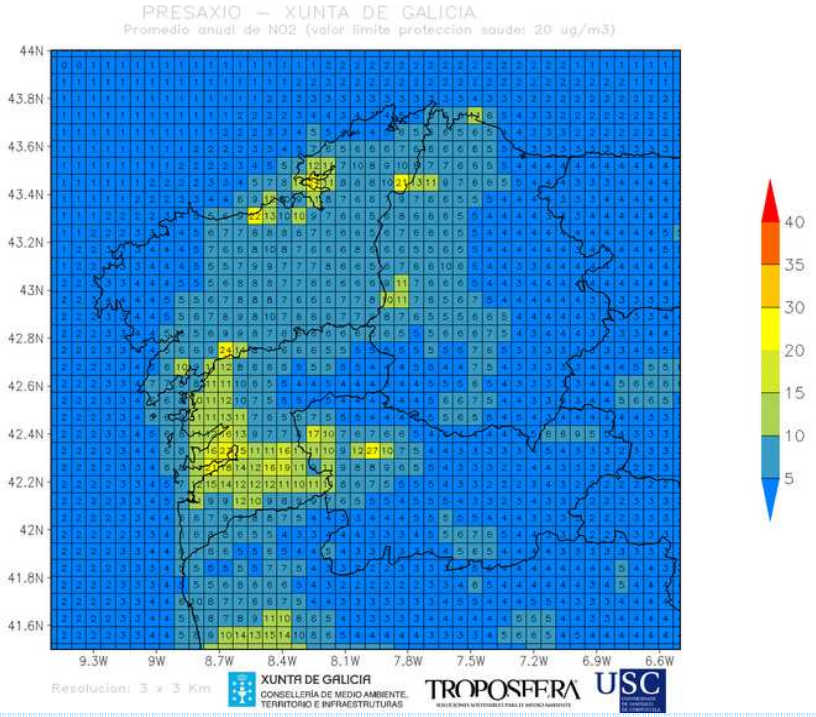


XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): RESULTADOS



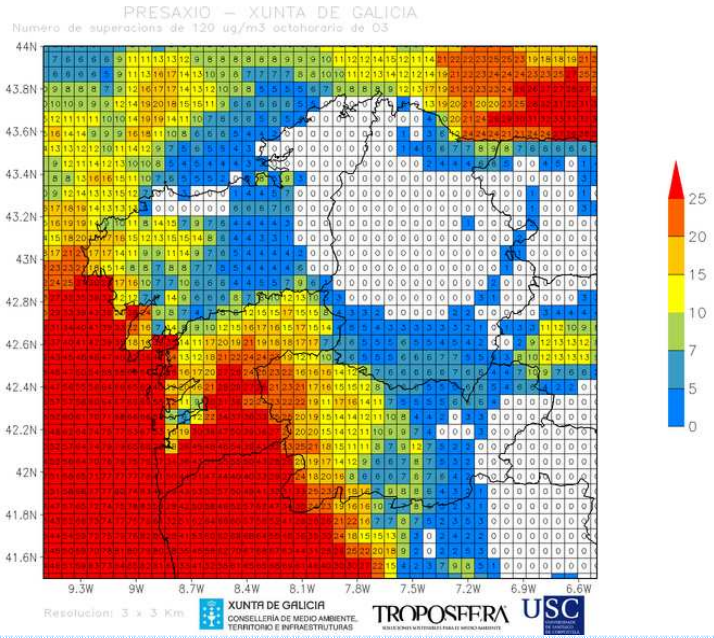

**Los resultados se presentaron mediante mapas que señalaban las superaciones de los valores límite, niveles críticos y umbrales de evaluación fijados en el R.D. 102/2011**

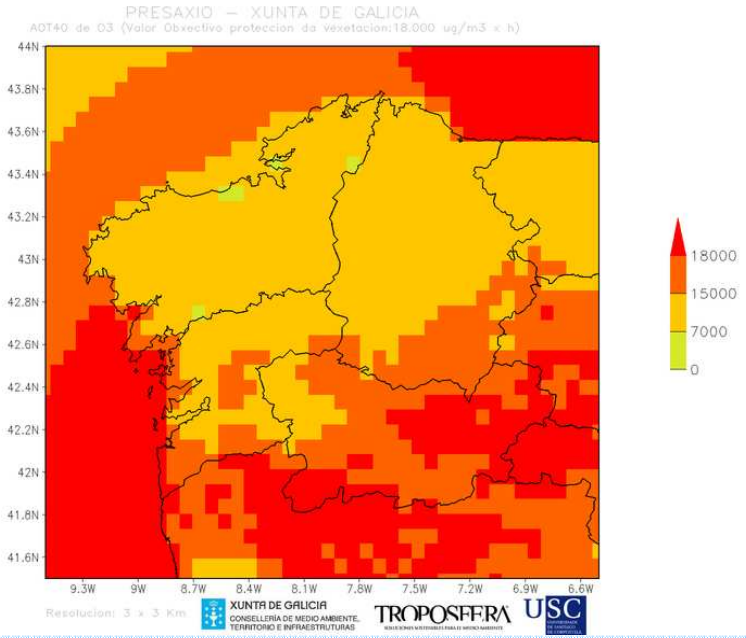
galicia

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): RESULTADOS



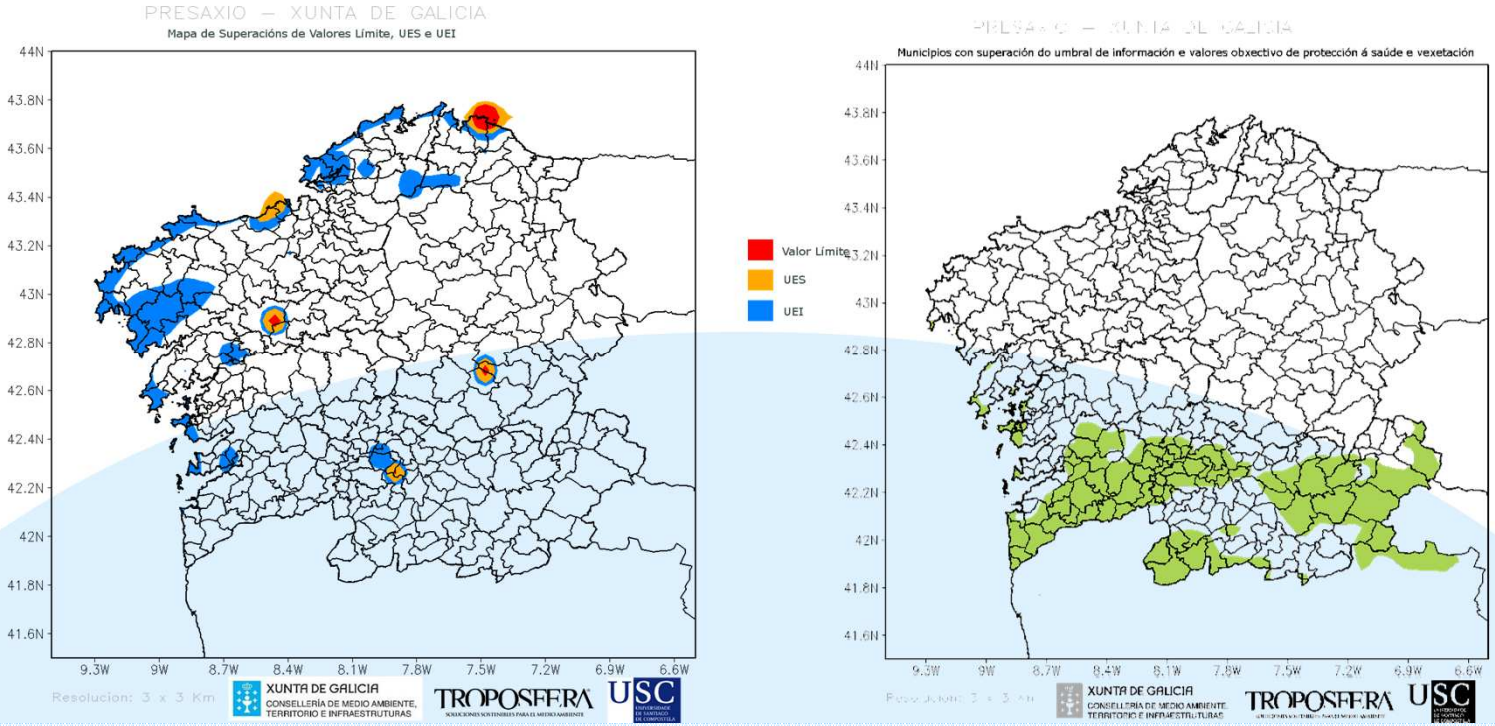

**En el caso concreto del ozono, se tuvieron en cuenta también los valores objetivo de protección a la salud y vegetación**

galicia

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): RESULTADOS

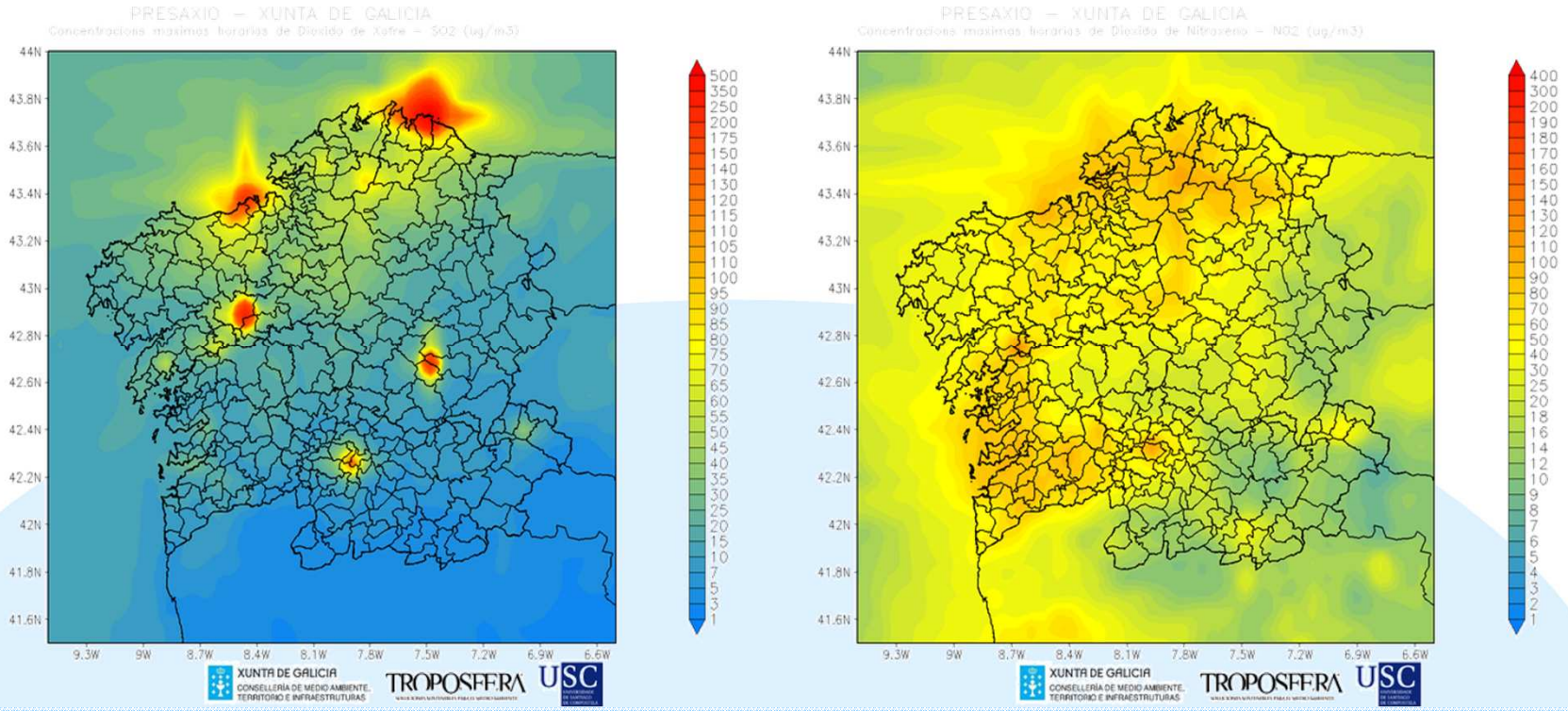



**Mapas finales de superaciones de valores límite, UES, UEI (izquierda) y valores objetivo y umbrales de información de Ozono (derecha)**

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS



# MODELIZACIÓN PARA APOYO EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GALICIA (2011): RESULTADOS




**Mapas de máximos horarios de $SO_2$ (izquierda) y $NO_2$ (derecha) obtenidos en la simulación anual**

## SISTEMA DE PREDICCIÓN OPERATIVO DE GALICIA (2012)

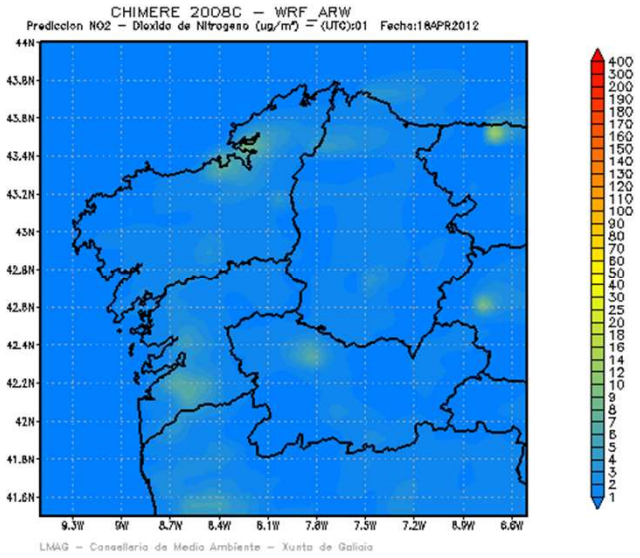
Durante este año, el LMAG en colaboración con Meteogalicia, USC y empresas especializadas en modelización de calidad del aire, han desarrollado un sistema operativo de predicciones de calidad del aire que cubren la totalidad del territorio gallego. El pronóstico de la calidad del aire se realiza a través del modelo fotoquímico euleriano ***Chimere***.

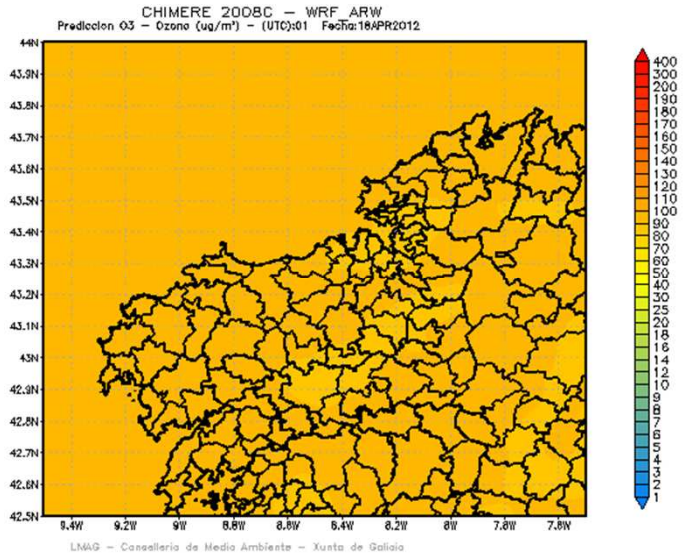
La realización de los pronósticos se efectúa para un horizonte temporal de 72 horas y con una resolución espacial de 9 $km^2$. Las salidas meteorológicas necesarias para alimentar el modelo CHIMERE son suministradas por METEOGALICIA, a través del modelo WRF. Acoplado al modelo de calidad del aire se utiliza el inventario de emisiones (con base del año 2008) elaborado por el grupo de modelización ambiental de la Universidade de Santiago de Compostela (USC) y el modelo de emisiones EMIGAL, adaptado por TROPOSFERA y el Grupo de Modelización Ambiental de la USC para las condiciones de Galicia.
Los contaminantes predichos son el Dióxido de Azufre ($SO_2$), Dióxido y Óxidos de Nitrógeno ($NO_2$/ $NO_X$), Monóxido de Carbono (CO), Partículas PM10, Partículas PM2,5 y Ozono ($O_3$).

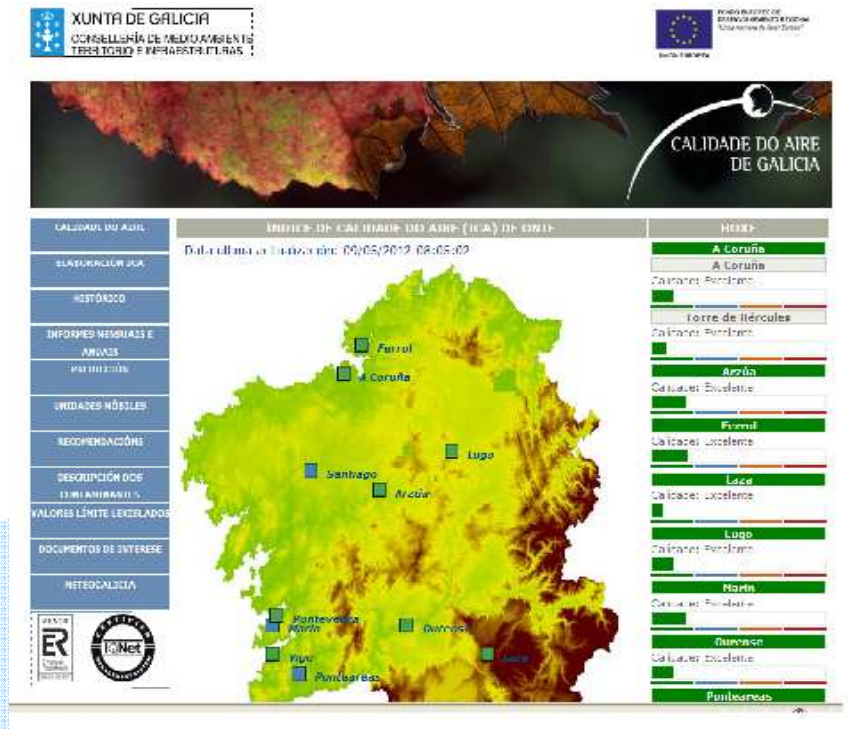
# SISTEMA DE PREDICCIÓN OPERATIVO DE GALICIA (2012)

De este modo, Galicia cuenta son un sistema de alerta temprana ante posibles situaciones de contaminación atmosférica en nuestra comunidad.

A través de la Web **http://aire.medioambiente.xunta.es** y **http://www.meteogalicia.es** se pueden consultar, además de los datos a tiempo real de las estaciones de calidad del aire, los pronósticos de los contaminantes y del índice de calidad del aire (ICA) para los 315 ayuntamientos de Galicia.






**GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN!**