



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Sistema nacional de predicción de la calidad del aire en página web miaire.es

Autor: Jerónimo Jiménez

Institución: [EQUITROL,S.L.](http://EQUITROL,S.L)

e-mail: jjimenez@equitrol.com

Otros Autores: Attilio Poli , Chiara Metallo, Fabrizio De Fausti, Pierluca Di Giovandomenico , Cristina Faricelli Borja Gutierrez, Ismael Setien ,

RESUMEN

La calidad del aire es un tema de interés general que cada vez más involucra a grandes colectivos ciudadanos como : madres , niños, deportistas tanto profesionales como amateurs, ancianos, personas con deficiencias pulmonares o cardíacas... . Partiendo de aquí hemos decidido desarrollar un servicio de información pública que suministre, a través de páginas web, predicciones de la calidad de aire para los cinco días siguientes de la fecha en curso. La página miaire.es va a tener un estilo similar al de las predicciones meteorológicas pretendiendo llegar al mayor sector de la población posible; por eso utilizará un lenguaje accesible . La página inicial se abre con el mapa nacional que puede ser navegado , pudiendo acceder a las distintas Comunidades Autónomas, provincias, ciudades y municipios ; donde encontraremos las predicciones de calidad del aire para los cinco días siguientes , tanto en términos de índice general de calidad del aire como por cada contaminante. En esta página se encuentran consejos de comportamiento para distintos grupos sensibles (niños, ancianos, deportistas...) ; teniendo como objetivo que la información suministrada sea útil para la vida diaria. También estarán presentes secciones informativas sobre la contaminación atmosférica, opiniones de expertos, noticias relacionadas con el medio ambiente así como un forum y una sección para los más jóvenes.El sistema de modelización está enteramente basado sobre modelos recomendados por la agencia medioambiental estadounidense, US EPA y representa el estado de la ciencia en el tema de predicciones de calidad de aire. En detalle partiendo de los datos NCEP, la modelización meteorológica se realiza con el modelo WRF , mientras el transporte la deposición y las reacciones químicas se simulan mediante el U.S. EPA,s CMAQ implementando la última versión del modelo CMAQ 4.7 . En el sistema llamado AQM-Air Quality Manager se incluyen tres dominios de cálculo con resoluciones de (54Km, 18Km y 6Km) el primero de los cuales incluye el Norte de Africa para simular intrusiones Saharianas de partículas.Las emisiones están calculadas por diferentes metodologías por las varias fuentes y diferentes escalas;utilizando un algoritmo dependiente de la meteorología y guiado por el WRF por los flujos de polvo sahariano, y la metodología CORINAIR en lo relativo a emidiones biogénicas y antrópicas, también usamos los datos del registro Europeo PRTR , así como las bases de datos EMEP y EDGAR y al final el inventario nacional. Para la desagregación espacial y temporal se disfruta el software SMOKE, mientras la química está solucionada empleando la última versión del CB-V. El proyecto sigue la iniciativa de la página lamiaaria.it ya en línea en Italia hace un año.

Palabras Clave: contaminación atmosférica, aire, calidad del aire, predicciones, modelización, ozono

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire y su estudio, formarán parte del desarrollo de las sociedades modernas y por tanto quedarán íntimamente ligados a los distintos perfiles sociales, tales como niños, ancianos, deportistas, asmáticos así como personas con problemas cardíacos. Con estas premisas nace nuestro proyecto web.

Previamente, comentaremos los resultados de un estudio de mercado realizado en Italia, el cual nos muestra claramente, que las predicciones y/o las mediciones de la calidad del aire son percibidas por la ciudadanía como una necesidad latente no satisfecha, puesto que el conjunto de la población relaciona los contaminantes gaseosos -de origen natural como antropogénico- con problemas ambientales como acidificación, degradación de la calidad del aire, cambio climático y en definitiva el daño y deterioro del ecosistema.

Los resultados de este estudio, revelan una doble necesidad del ciudadano;

Por un lado estar informado y por otro lado, una vez informado, asimilar la enorme efectividad emocional de la información transmitida.

El éxito de nuestra propuesta y del planteamiento informativo, radica- según estos resultados- en la necesidad humana de elegir diariamente-entre distintas opciones-en cuestiones relativas a la salud y cuidados propios o de los círculos más próximos, así como planteamientos de ocio.

Motivo por el cual disponer de referentes de ayuda resultan bien valorados entre la población.

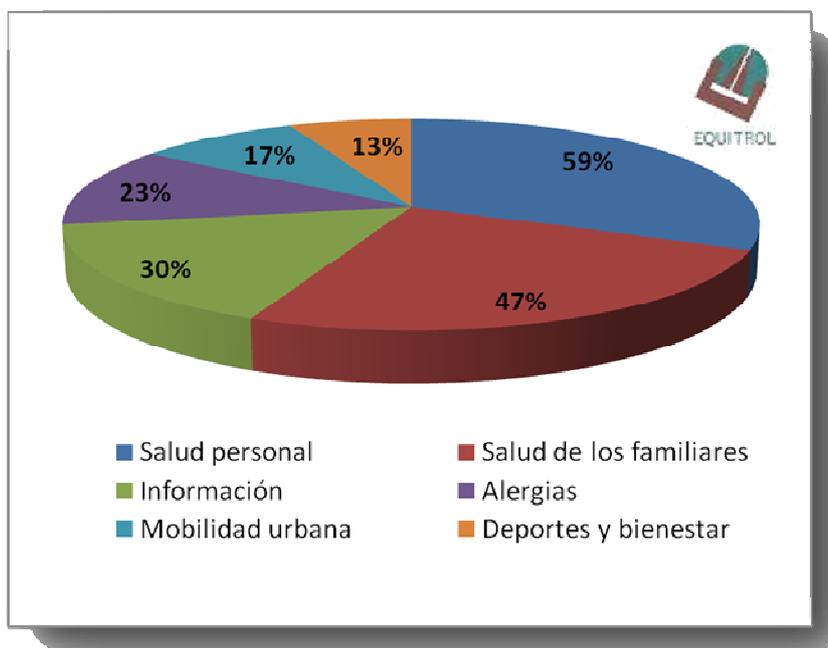


Figura 1: Principales campos de interés en la previsión de la calidad del aire

Ateniéndonos a la importante demanda que el tema ha suscitado, se decidió aumentar tanto el universo poblacional como los diversos campos de aplicación, en el desarrollo del estudio, para, de esa forma, impulsar la atención de la gente.

Partiendo de este estudio de mercado e impulsados por la propia inquietud del ciudadano, hemos desarrollado un servicio de información pública que facilite- mediante acceso virtual web- predicciones de la calidad del aire de nuestro entorno con una secuencia de cinco días y con una alta resolución espacial y temporal.

A continuación desarrollaremos una descripción completa del sistema de modelización y la nueva web implementada. Como desarrollos posteriores estableceremos lazos con las redes de comunicación social, gestionando cuentas en twitter y facebook.

La web potenciará- además de las predicciones- los vídeos, fotos, artículos y blogs.

El propósito de Equitrol, al plantearse la nueva red social como complemento informativo al desarrollo web, consiste en hacer llegar las predicciones, palabras e imágenes del entorno "sin intermediarios".

Una ventana en la que nunca se cierre la persiana, abierta todos los días del año, las 24 horas del día

EL SISTEMA DE MODELIZACIÓN

El sistema de modelización utilizado para el desarrollo de www.miaire.es está desarrollado íntegramente sobre modelos recomendados por la Agencia Medioambiental Estadounidense, US EPA, y representa la última actualización en el campo de las predicciones de calidad del aire.

En detalle los modelos utilizados son:

- Modelización meteorológica realizada con el Model " **WRF (Weather Research and Forecasting)**" partiendo de los datos NCEP - Global Forecast System de la NOAA;
- "**Carbon Bond Mechanism (CB-V)**" utilizado para resolver los problemas cinéticos dentro del **Meteorology-Chemistry Interface Processor (MCIP)** esto es; el interfaz del procesador de Meteorología Química (MCIP) que resulta un instrumento importante del software en el sistema de modelado CMAQ de modo que mantengamos la coherencia dinámica entre el modelo meteorológico y el modelo de transporte químico (CTM).
- MCIP actúa como un post-tratamiento del modelo meteorológico y un pre-procesador para las emisiones y la CTM en el sistema de modelado CMAQ.
- Las funciones del MCIP son las de asimilar los campos del modelo meteorológico de salida en su formato original, elaboración en horizontal y vertical de transformaciones de coordenadas, diagnosticar campos atmosféricos adicionales, y preparar los campos meteorológicos en el formulario requerido por el sistema de modelado CMAQ.
- Basado en el modelo "**Dust Entrainment and Deposition model (DEAD)**"
- Para las emisiones disgregadas utilizamos el programa "**Sparse Matrix Operator Kernel Emission (SMOKE)**";

- El transporte, deposición y las reacciones químicas se simulan por el U.S. EPA's "**Community Multiscale Air Quality (CMAQ)**" Modeling System, implementando la versión **CMAQ 4.6**;
- El post-proceso y la publicación en la web se desarrolla como punto final mediante "**AQM-Air Quality Manager**"

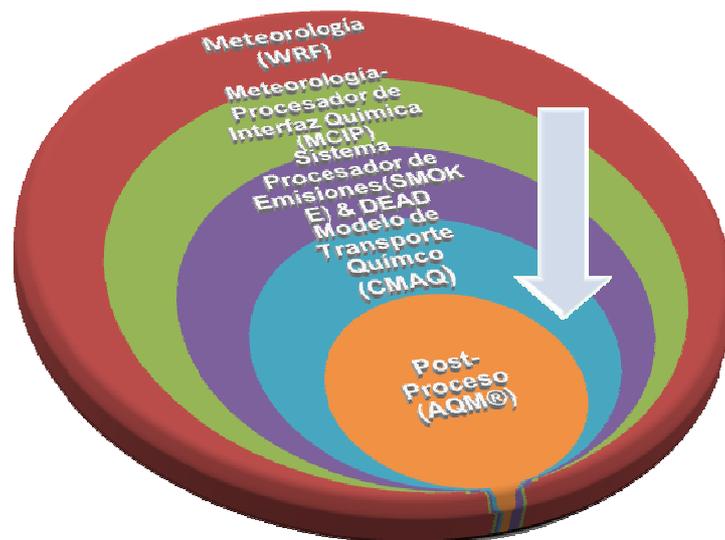


Figura 2: Ilustra la estructura del modelo y el flujo de datos

Los esquemas considerados para la configuración del WRF son los siguientes:

- 3 Dominios espaciales: 54, 18 y 6 km
- 27 sigma (capas verticales de presión)
- Datos NCEP/GFS
- Códigos abiertos
- Capacidad para ejecuciones en modo multitarea sobre ordenadores de memoria compartida o distribuida.
- No se producen pliegues en los análisis de cada celda.
- No hay pliegues en su estructura.
- Esquema de humedad explícita
- Parametrización Kain-fritsch (54 and 18 km celda)
- Esquema YSU PBL(Hong&Noh)
- La onda larga de Dudhia y la radiación de onda corta.
- Esquema de radiación de onda corta: CLOUD (Dudhia)
- Esquema de radiación atmosférica de onda larga: RRTM
- Esquema de baja convección
- Modelo de suelo de múltiples capas.
- Teoría de semejanza de Monin-Obukhov

Mientras para la configuración CMAQ es:

- Perfil estático con condición lateral divisoria (LBC).
- Condiciones iniciales (IC) del ciclo de previsión anterior.
- Aplicación del método de Yamartino- algoritmo para calcular una aproximación a la [desviación estándar](#) σ_θ de [la dirección del viento](#) θ en un solo paso a través de los datos recibidos

$$\sigma_\theta = \sin^{-1}(\varepsilon) \left[1 + \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1 \right) \varepsilon^3 \right],$$

Donde:

$$\varepsilon = \sqrt{1 - (s_a^2 + c_a^2)}$$

- Coeficiente de difusión basado en la incidencia del viento local
- Cálculo de la difusión vertical utilizando "**Asymmetric Convective Model Version 2**"
- Desactivación del penacho en el modelo de rejilla
- La 2ª generación CMAQ establece una rutina de velocidad de deposición de los aerosoles
- Utilización del procesador RADM basado en tecnología de computación en nube, que usa el "Asymmetric Convective Model"
- Módulo de cálculo para aerosoles: CMAQ (AERO4)

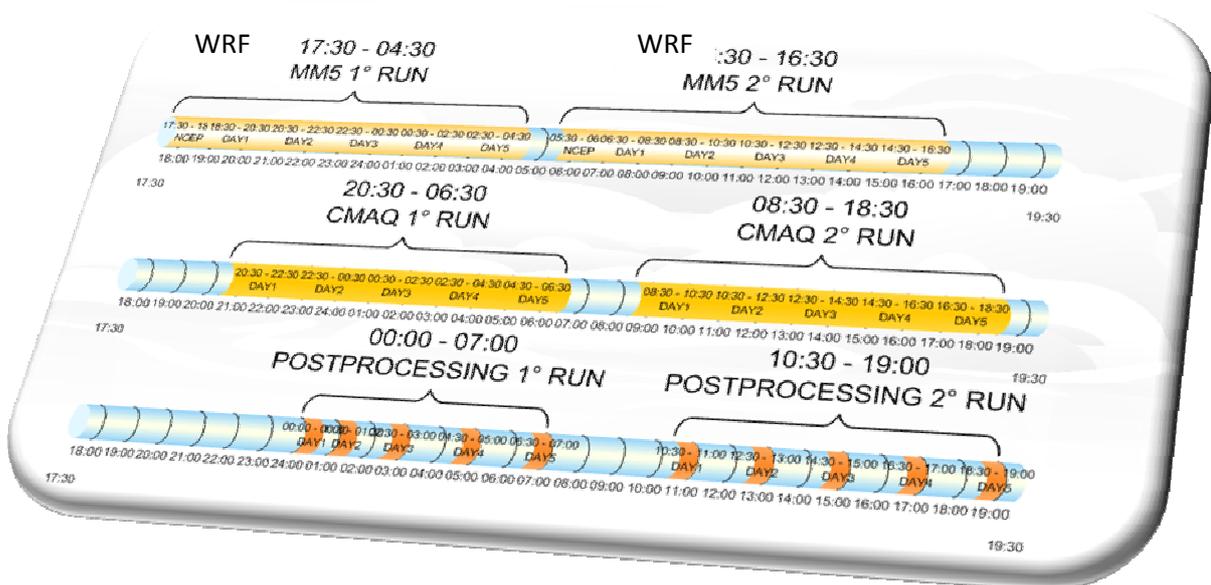


Figura 3: Horario de Operación

DOMINIOS DE CÁLCULO

En el sistema se incluyen TRES Dominios de Cálculo incorporados con resolución creciente:

- D54 82 x 112 - 54 km rejilla/cuadrícula
- D18 96 x 81 - 18 km rejilla/cuadrícula
- D6 216 x 189 - 6 km rejilla/cuadrícula

El primero de los cuales incluye el Norte de África para simular intrusiones Saharianas de partículas.



Figura 4: Dominios de cálculo del sistema de modelización de www.miaire.es

EMISIONES

Fuentes Emisoras

Los inventarios de emisiones incluyen normalmente tres tipos básicos de fuente-natural o antropogénico.

- *Puntual*: Las emisiones se calculan en forma individualizada para una determinada infraestructura, debido a que su tamaño, producción o grado contaminante, justifica una cuantificación específica. Las fuentes puntuales tienen una posición geográfica bien definida.
- *Superficial*: Las emisiones se calculan para un conjunto de fuentes difusas, ya que por su pequeño tamaño individual muy difícilmente pueden ser tratadas como fuentes puntuales. Normalmente se asume que las emisiones están distribuidas dentro de una zona geográfica establecida.
- *Lineal*: Las emisiones se producen desde fuentes móviles a lo largo de los ejes longitudinales.

Las emisiones están calculadas mediante diferentes métodos de cálculo debido a la variedad de fuentes y las diferentes escalas:

- Utilizando un algoritmo dependiente de la meteorología y guiado por el WRF debido a los flujos de polvo sahariano.
- Mediante CORINAIR, 85/338/EEc establecido como programa para la recopilación y gestión de la información sobre el estado del medio y de los recursos naturales en Europa.

Se sustenta en el desarrollo y presentación de inventarios nacionales por parte de los países miembros, que se van almacenando en una base de datos de acceso público (EMEP, 2003). La metodología EMEP/CORINAIR (EEA 1999) para el cálculo de las emisiones por tráfico rodado (SNAP97 07) se implementó en el modelo europeo de emisiones de tráfico COPER TIII (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport).

Esta metodología se utiliza para las emisiones biogénicas y antrópicas, utilizando los datos del registro Europeo PRTR, las base de datos EMEP y EDGAR y al final el inventario nacional.

Para disgregación espacial y temporal se utiliza el software SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emission), mientras la Química está solucionada empleando la última versión del Carbon Bond Mechanism (CB-V).

El algoritmo utilizado para evaluar el flujo de partículas en superficie es el basado en:

“The Dust Entrainment and Deposition model (DEAD, Zender, 2002)”. Expresando el flujo de partículas en Kg/m²s, liberadas en la atmósfera y transportadas por CMAQ (en 2 modelos finas/gruesas fraccionadas siguiendo la ecuación de D’Almeida [1987] “distribución de tamaños”):

$$F = A Q(U^*, U_{*T}) \cdot A_M \cdot T \cdot S$$

Donde:

S Factor de resistencia al desgaste (erosionabilidad) (puntos calientes) [Ginoux, 2001]

T Factor de ajuste.

A_M Fracción de suelo [Zender, 2003]

$\alpha = f(\text{textura suelo}) = 100 \exp[(13.4 M_{\text{clay}} - 6.0) \ln 10]$ Movilidad-Eficiencia

$Q = Q(u^*, u_{*T}) = cte \cdot u_{*T}^3 [1 - (u^*/u_{*T})^2] [1 + u^*/u_{*T}]$ Flujo Horizontal

$U^* = (\tau/p)^{1/2}$ Velocidad de fricción

$u_{*T} = f(D, Re^*, pp)^* Fc$ Umbral (Velocidad de Fricción) [Iversen & White, 1982]

VALIDACIÓN

No teniendo suficientes datos- debido al curso del proyecto en estos momentos- para el uso comparativo en España, en este apartado enseñamos algunos resultados de validación del mismo sistema de modelización en uso actualmente en Italia www.LaMiaAria.it.

De un interés particular para la Península Ibérica es la capacidad del modelo para predecir adecuadamente los eventos de intrusión de polvo sahariano.

A continuación se muestra una comparación de los resultados del modelo y las medidas con ocasión de los episodios de intrusión y 15-16 de mayo de 2009 (Figura 5) y 19 de febrero de 2010 (Figura 6).

En ambos casos la predicción del modelo fue confirmada por los valores registrados en Palermo y Catania por medio de la supervisión de la red regional de Medio Ambiente de la Agencia de Sicilia.

En la figura 6 -episodio de febrero de 2010- también se muestra en la imagen tomada desde satélite Modis (la escala de colores es diferente de la utilizada para la representación del índice de calidad del aire y por lo tanto se debe tomar en cuenta sólo el patrón espacial en el cono).

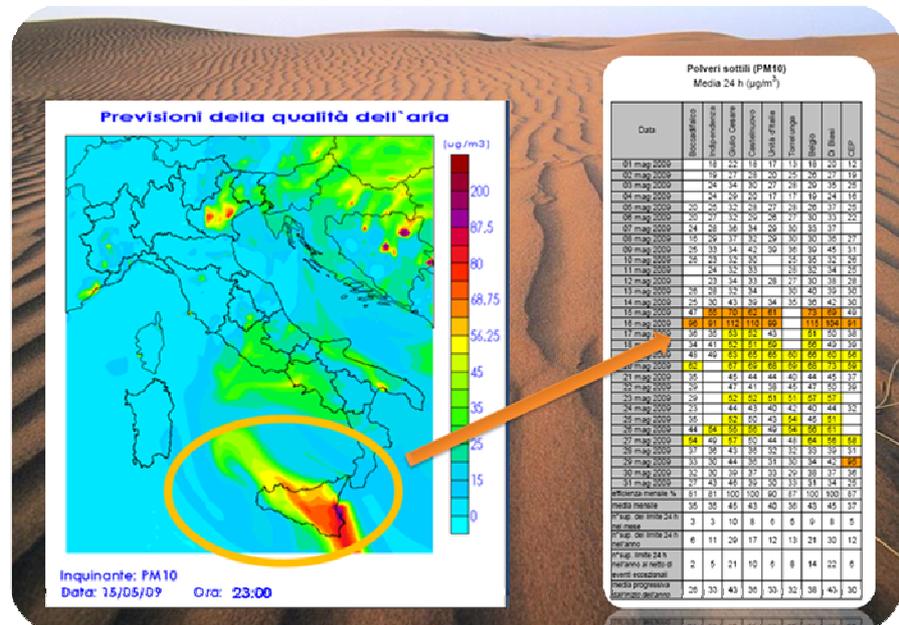
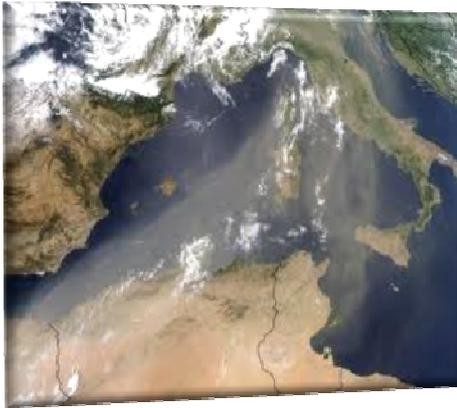


Figura 5: Intrusión de polvo sahariano del 15 de mayo de 2009-Italia & medida

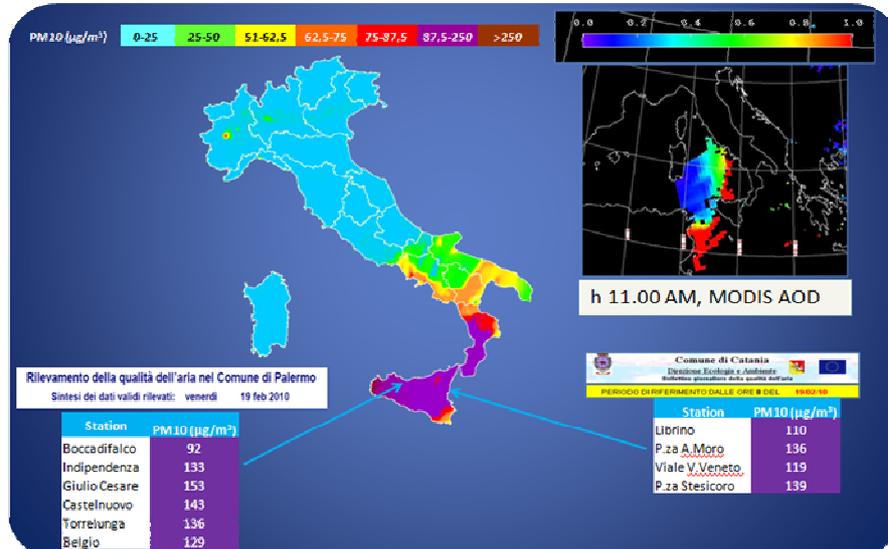
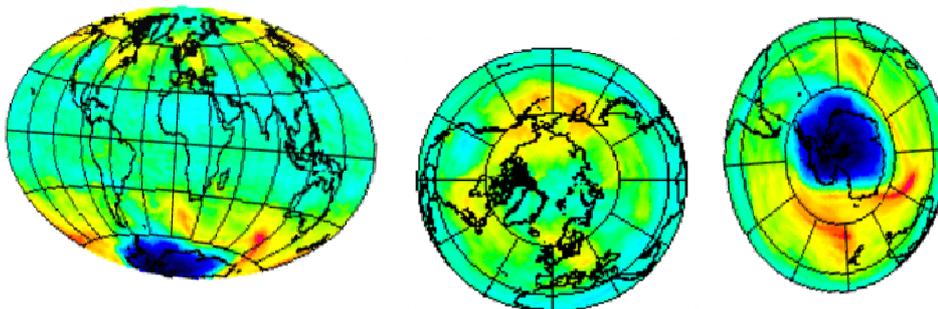


Figura 6: Intrusión de polvo sahariano del 19 de febrero de 2010-Italia & medida

En la figura 7 se presentan los resultados de la validación para el ozono en relación con el verano del año pasado (2009). La comparación se hace a diario, comparando los valores máximos en 83 estaciones durante el período 1 jul-30 a 30 sept 2009. El resultado es que un 96,4% de los puntos caen dentro del error del 30%, y de éstos, el 86, 7% tiene un error de menos del 20%.



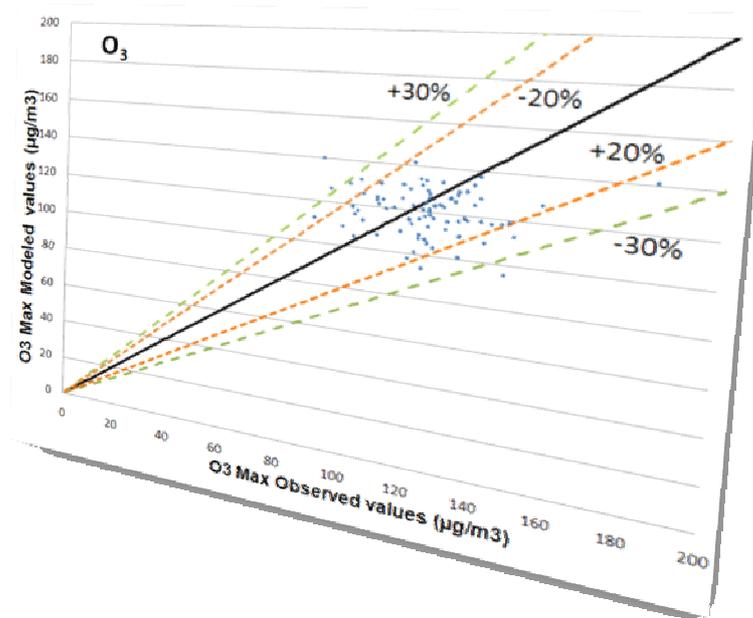


Figura 7: Validación de la previsión de los valores máximos de ozono para el verano 2009

Situación prevista para las concentraciones de PM10 durante un evento de inversión de temperatura en el valle del Po, al norte de Italia (Figura 8). Una vez más, muestra la sinergia entre la predicción del modelo y las estaciones de monitoreo de la Red Regional de Agencias de Medio Ambiente en Piamonte y Lombardía.

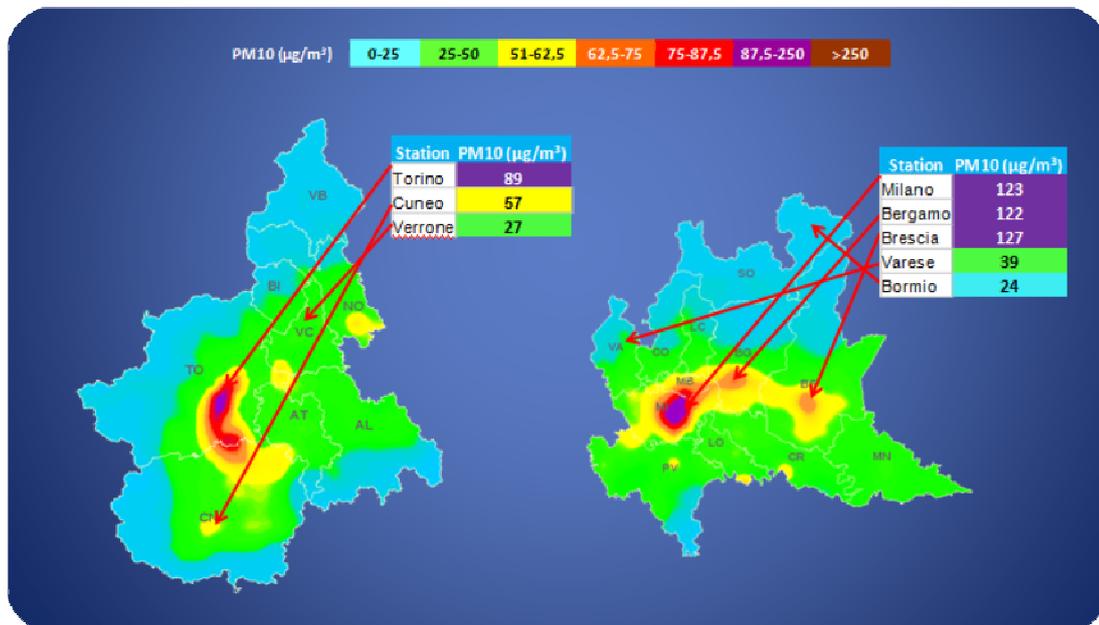


Figura 8: Comparación entre la previsión y la medida PM10 (Inversión térmica en el valle de Padana el 28 de febrero de 2009)

www.miaire.es

El sitio web desarrollado por Equitrol, www.miaire.es va a tener un estilo similar a los modelos de predicciones meteorológicas, procurando alcanzar un espectro social lo mas amplio posible utilizando un lenguaje accesible a todos y no destinado únicamente a los especialistas del sector. La página inicial se abre con el mapa nacional en el cual podremos navegar, para ver las predicciones de cada de los cinco días próximos, tanto en términos de índice general de calidad del aire como por cada contaminante.

Desde el mapa nacional es posible acceder a cada Comunidad y consecuentemente a las páginas regionales así como ir a la página específica de cualquier municipio de España donde se encuentran algunos apartados de gran interés para el público, como los consejos de actuación para los grupos sensibles de población (niños, ancianos, deportistas, enfermos,.. etc.), con el objetivo de suministrar la información que sea realmente útil para la vida diaria.

En las figuras siguientes se enseñan algunas de las páginas principales de navegación de www.miaire.es



Figura 9: Home page de www.miaire.es

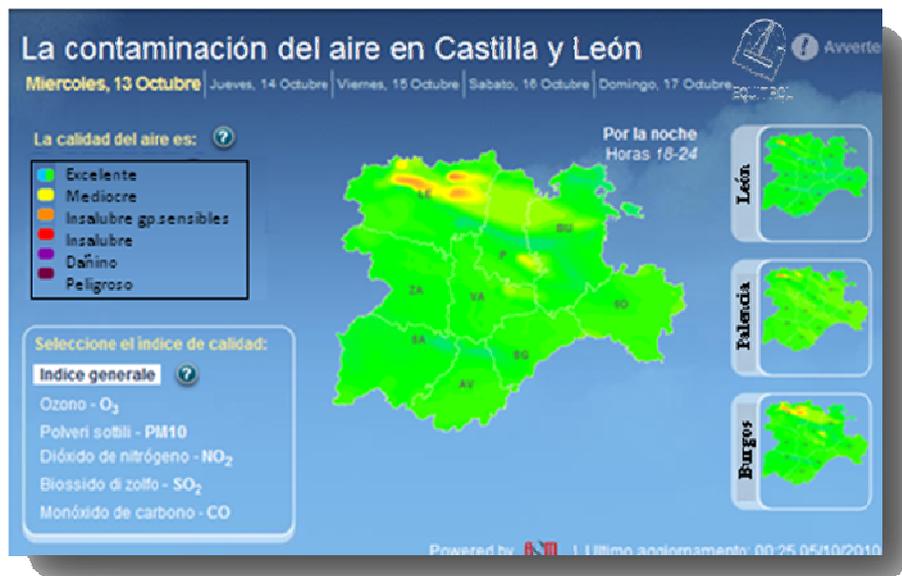


Figura 10: www.mlalre.es

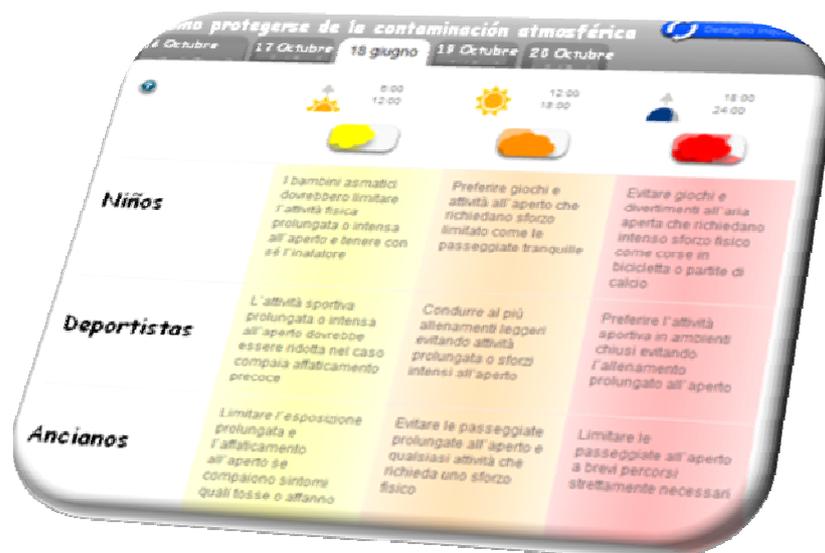
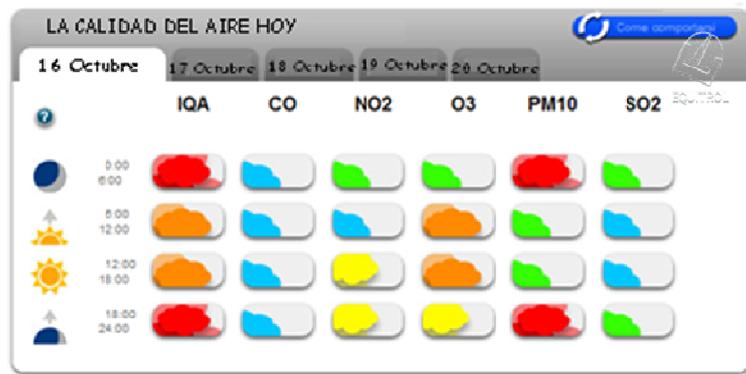


Figura 11: www.miaire.es

Resumen Municipal y consejos de comportamiento para los grupos poblacionales sensibles

En el espacio web www.miaire.es además de tratar secciones tradicionales sobre temas de calidad del aire, tales como "Todo Sobre Calidad del Aire" o "Supervisión/Medición de Datos", hemos prestado especial interés en el desarrollo de aquellas secciones que afectan a nuestra vida diaria tales como "Escriban al Experto, Foro y Comunidad", Noticias relacionadas con el sector medioambiente a nivel nacional e internacional, diariamente actualizadas por un periodista experto en el sector, centradas principalmente en la calidad del aire y su influencia en la salud de los seres vivos-permitiendo realizar pronósticos preventivos- así como en la mejora de la calidad de vida.

Por último una novedad en cuanto a información medioambiental se refiere y es la creación de un apartado especialmente destinado a niños de entre 5-14 años, donde se valorarán los datos complejos elaborados por los modelos desde una perspectiva sencilla y didáctica.

NOTA

La experiencia en Italia muestra que el interés que el público concede a la disponibilidad y accesibilidad sencilla y práctica de un pronóstico de calidad del aire va en aumento. Para emitir este diagnóstico nos basamos sencillamente en el nivel de tráfico de nuestra web (hoy en día contamos con más de 3.000 visitas por día).

Los medios de comunicación, tanto digitales, televisión o prensa escrita, demuestran el gran interés suscitado con el proyecto, contando con el apoyo institucional y económico de algunos, tales como Microsoft-MSN, Repubblica, Yahoo, Corriere de la Sera,...