

MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

V SEMINARIO DE CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA

Santander, 16, 17 y 18 de Octubre de 2006

La legislación establece que, además de las mediciones continuas y sistemáticas con estaciones de medida, pueden utilizarse otras técnicas capaces de evaluar o incluso predecir la calidad del aire. Evidentemente, la modelización matemática es una de esas herramientas. Ésta ha tenido en los últimos años un desarrollo muy importante con modelos matemáticos que han abordado la simulación de las condiciones meteorológicas y la dispersión (incluyendo transformaciones químicas) de contaminantes atmosféricos con un alto nivel de detalle e incorporando cada vez más procesos físicos y químicos, más contaminantes y mejores algoritmos matemáticos que han facilitado la resolución de las ecuaciones matemáticas. A esto hay que añadir mejoras determinantes en la capacidad de cálculo de los ordenadores, la disponibilidad de más y mejores datos meteorológicos, de emisiones, etc., así como, la potencialidad añadida de su uso conjunto con otras herramientas complementarias pero importantes como son los sistemas de información geográfica.

Sin embargo, este desarrollo en el ámbito modelístico se ha traducido en una implantación más bien modesta de estas herramientas en el campo de la gestión de la calidad del aire en España, por lo que es necesario realizar un esfuerzo de acercamiento entre la comunidad científica y técnica, los usuarios finales y los gestores de la calidad del aire. Con este fin, y promovido por el Ministerio de Medio Ambiente, se ha configurado un Grupo de Trabajo sobre Modelización de la Calidad del Aire que incluye a gestores de diferentes administraciones públicas nacionales y autonómicas, a representantes del sector privado, y a grupos de investigación y desarrollo en el ámbito de la modelización numérica de la calidad del aire.

Los objetivos fundamentales sobre los que este grupo trabaja son: aumentar el conocimiento sobre modelos útiles a los gestores de calidad del aire; fomentar el uso de modelos atmosféricos y de dispersión como herramienta de trabajo en calidad del aire y facilitar el acceso, a los gestores y a los usuarios finales, a la información existente sobre modelos y su uso.

Con estos objetivos, el grupo se ha planteado una serie de cuestiones iniciales:

1. ¿Qué esperan de los modelos los gestores de calidad del aire?, ¿qué pueden ofrecer los modelos?,
2. ¿Qué necesitan los modelistas para responder a las necesidades de los gestores de la calidad del aire?,
3. ¿Cuál es la fiabilidad de los modelos?, ¿qué modelos son adecuados para cada problema?,
4. ¿Cuáles son los modelos que se usan en España y en el mundo?,

5. ¿Cómo debe ser la información de inventarios de emisiones para ser utilizada por los modelos?.

Responder a estas preguntas es la misión fundamental de este grupo de trabajo y a lo largo de este documento se exponen las respuestas que han surgido después de un labor de recopilación, reflexión, puesta en común y discusión a los largo de 6 meses incluyendo tres reuniones en CIEMAT y frecuentes debates, algunos apasionantes, y revisiones de documentos utilizando las posibilidades que da Internet. El documento se articula en cinco capítulos que se corresponden con las preguntas antes indicadas. La elaboración de estos documentos ha estado encomendada a personas concretas que aparecen con responsables en cada uno de ellos, pero en todos ha habido una contribución en mayor o menor medida de todos los miembros de este grupo de trabajo y se ha buscado reflejar el sentir general o, al menos mayoritario, respecto de cada cuestión. En algunos casos, ha habido una contribución de algún colaborador externo al grupo, lo que ha quedado reflejado donde fuera necesario.

El grupo de trabajo ha estado constituido por 14 personas con buen equilibrio (casi al 50%) entre el personal científico-técnico y el personal de las administraciones. El grupo ha estado coordinado por CIEMAT y ha contado con la participación de:

- Fernando Martín (CIEMAT) – Coordinador
- Maria Victoria Albizu Etxeberria (País Vasco)
- José María Baldasano (BSC)
- Roberto San José (Facultad de Informática UPM)
- Rafael Borge (ETSII – UPM)
- Eloy Piernagorda (IBERINCO)
- Catina March (Baleares)
- Antonio Lozano (Andalucía)
- Susana Gil (Cataluña)
- José Luis Palau (CEAM-Valencia)
- Juan Carlos Casado (Murcia)
- Alvaro Pérez-Uría (Castilla-La Mancha)
- David Cartelle Fernández (Galicia)
- Alberto González (MMA)

¿Qué esperan de los modelos los gestores de calidad del aire?, ¿qué pueden ofrecer los modelos?

Las actividades de gestión de la calidad del aire requieren la existencia de un marco de referencia que cuente con mecanismos que permitan: identificar y efectuar un diagnóstico de posibles problemas, definir objetivos de calidad del aire, establecer normas y procedimientos de control y actuación, diseñar estrategias de control y vigilancia y programas de actuación.

En una primera etapa, el desarrollo de las actividades relacionadas con la gestión de la calidad del aire ha estado vinculado a la necesidad de dar respuesta a problemas concretos, en los que los sistemas operativos de vigilancia y control de la contaminación, fundamentalmente basados en la medida de contaminantes, han jugado un papel dominante.

Sin embargo, en las últimas décadas, la preocupación por nuevos problemas relacionados con la calidad del aire, la complejidad de los mismos, la necesidad de abordar cuestiones globales e interterritoriales o el reconocimiento de que el medio ambiente atmosférico es responsabilidad de la sociedad en su conjunto, ha facilitado que la gestión de la calidad del aire evolucione hacia nuevos enfoques, donde dichos sistemas deben ser complementados con nuevas herramientas que ayuden a efectuar tales valoraciones, entre las cuales la modelización puede jugar un papel determinante.

Aunque existen diferentes definiciones, un modelo puede ser definido como una herramienta que intenta describir o reproducir los rasgos esenciales de un sistema, de los procesos que en él se desarrollan o de los resultados o consecuencias que de ellos se derivan.

En términos generales, la modelización es una herramienta que puede ser aplicada a todos los aspectos relacionados con la contaminación atmosférica, su origen y sus consecuencias, tales como: caracterización de emisiones, transporte, transformación y depósito de contaminantes, estimación de niveles de inmisión, depósito y exposición, efectos sobre ecosistemas, salud y materiales y relaciones fuente-receptor.

Por modelo de calidad del aire, se suele entender una herramienta de cálculo que permite obtener una estimación de los niveles de inmisión, originados por las emisiones de focos emisores de contaminantes, en determinadas circunstancias, sobre un área geográfica previamente definida.

Existen diferentes tipos de modelos de calidad del aire, si bien posiblemente los de mayor difusión en el campo del medio ambiente atmosférico son aquellos basados en algoritmos matemáticos. Sin embargo, el uso de estos modelos implica la elaboración de cierta información. Alguna puede

ser previa al uso del modelo de calidad del aire: caracterización o modelización meteorológica, datos de emisiones incluyendo su distribución espacial y su evolución temporal. Mientras que otros tipos de información son necesarios para procesar los resultados del modelo y proporcionar información adicional de interés (valoración económica de estrategias de reducción de contaminación, nuevas tecnologías, análisis de culpabilidad y responsabilidad, etc).

En líneas generales, el objetivo principal del uso de los modelos es ofrecer al gestor de calidad del aire una información numérica objetiva, lo más real y precisa posible, que pueda servir como elemento de valoración, de evaluación o de soporte para la toma de decisiones, en el marco de los correspondientes planes, programas, estrategias de control y vigilancia, etc. En el capítulo 1 del documento, se exponen varios ejemplos de la utilidad de estas herramientas.

A la hora de afrontar un problema en el que la modelización pueda aportar soluciones, el gestor de calidad del aire puede optar por el desarrollo de una solución específica o por la adaptación de algunas de las herramientas existentes indicadas anteriormente. Para ello es conveniente la realización de un análisis técnico-económico. En cualquier caso, el uso de un modelo debe suponer siempre un proceso de desarrollo, adaptación, puesta punto y validación, que permita asegurarnos que el modelo es capaz de cumplir su misión. La puesta en operación de un modelo ha de implicar un proceso de verificación y mejora continua del mismo.

Para que los modelos sean una herramienta útil para el gestor de la calidad del aire, éste debe tener la seguridad de que los resultados de la aplicación de los mismos realmente aportan un valor añadido a su labor, ayudando además a facilitar o incluso a simplificar su trabajo. En el capítulo 1, se muestran algunos requisitos que los gestores consideran de importancia para que un modelo les sea útil.

El uso de las herramientas de modelización puede proporcionar notables beneficios al gestor de calidad del aire. Para ello, es conveniente garantizar una adecuada comprensión de las bases conceptuales que soportan dichas herramientas, su rango de validez o aplicación y las características de los productos que proporcionan, considerando sus limitaciones, ya que los modelos no son la realidad, si bien se aproximan a ella.

El texto del anteproyecto de la nueva Ley de Calidad del Aire indica que existen diferentes conceptos o cuestiones en el mismo cuya clarificación, definición, estimación o desarrollo operativo, en general, puede hacer necesaria o conveniente la realización de actividades de modelización, tales como: definición, desarrollo y seguimiento de planes y programas, evaluación y predicción de la calidad del aire, sistemas de evaluación, vigilancia y prevención de la

contaminación complementando a las redes de medida, tanto a escala nacional como autonómica y local, etc. En el anexo 1 del primer capítulo de este documento, se resumen las principales actividades en las que podría ser necesario el uso complementario de las técnicas de modelización. No obstante, se plantean también cuestiones importantes con respecto de esta ley considerando la implantación de modelos de calidad del aire. Entre ellas, están las de ámbito competencial (Estado, CCAA, Ayuntamientos) y límites administrativos (la atmósfera no entiende de fronteras políticas), las necesidades de personal cualificado y de recursos económicos, o la gran variedad de herramientas o modelos disponibles (necesidad de armonización). Por último, podría ser interesante efectuar una reflexión sobre la conveniencia o no de la existencia de Entidades Colaboradores de la Administración en materia de modelización, de forma similar a como viene siendo habitual en otros campos tales como la medida o el control de emisiones.

¿Qué necesitan los modelistas para responder a las necesidades de los gestores de la calidad del aire?

Existen un número importante de herramientas para la modelización de la calidad del aire. La evolución de los modelos de calidad del aire ha sido importante a lo largo de los últimos 10 años. Desde el comienzo de los años 70, cuando se desarrollaron modelos fundamentalmente de tipo Gaussiano hasta la actualidad el progreso y la evolución de las herramientas para la modelización de la calidad del aire ha sido constante e importante. En el momento actual, existen modelos que permiten tratar con bastante detalle los procesos físicos y químicos que sufre la atmósfera y los contaminantes que en ella residen.

El desarrollo de los modelos de calidad del aire ha venido parcialmente desarrollándose al compás del incremento en la capacidad de computación de los ordenadores. Los modelos de calidad del aire se han desarrollado en paralelo a los modelos meteorológicos. Éstos se han ido progresivamente adaptando a los modelos de calidad del aire proporcionando la información requerida como entrada para los modelos de calidad del aire. Existen diversos tipos de modelos meteorológicos y de calidad del aire con complejidad y aplicabilidad muy diversa. Especialmente importantes, son los modelos utilizados para tratar la contaminación de tipo fotoquímico y los aerosoles.

Además, muchos modelos actualmente tienen la capacidad de simular los procesos a diversas escalas espaciales y temporales, consiguiendo una representación más completa y próxima a la realidad, gracias a las técnicas de anidamiento que permiten a los modelos reproducir los

procesos atmosféricos en dominio espacial grande (hemisférico o continental) descendiendo progresivamente hasta escalas más pequeñas (nacionales, regionales y locales).

Por otro lado, existen técnicas de asimilación de los datos observados meteorológicos y de calidad del aire de forma dinámica por parte de los modelos, lo que permite una mayor capacidad de éstos de reproducir la realidad amortiguando posibles desviaciones en sus predicciones. Esta técnica está muy desarrollada en el ámbito meteorológico, mientras que está en desarrollo en lo relativo a la calidad del aire.

Es importante que se identifiquen experimentalmente los procesos implicados antes de la selección, configuración y aplicación de los modelos apropiados. Además, creemos que hay que seguir investigando en los procesos asociados a los episodios de contaminación a diversas escalas, aunque a escala sinóptica sean bastante conocidos. Quedan, no obstante, lagunas en la interacción entre las diferentes escalas y en el transporte a larga distancia.

En lo relativo a los datos que los modelos de calidad del aire precisan existen también aspectos importantes que ayudarían a una mayor facilidad y mejor uso de los modelos:

- Información meteorológica. Debe ser robusta, precisa y fiable acorde con las características de estos modelos (documento EPA-454/R-05-002 de octubre del 2005 y publicado por EPA en noviembre del 2006). Además, debe estar de acuerdo con el tipo de aplicación del modelo fotoquímico o estudio de calidad del aire que se vaya a efectuar. En este sentido, se aprecia que existen muchas fuentes de información meteorológica, pero no hay ningún tipo de normalización para su obtención y uso. Es, por tanto, deseable que se establezcan pautas respecto a los requerimientos de información de los distintos tipos de modelos y se mejore la accesibilidad a los mismos por parte de la comunidad científica, administraciones y empresas.
- Emisiones de contaminantes. Las emisiones a proporcionar a los modelos de calidad del aire deberán caracterizar convenientemente en tiempo y espacio los diferentes contaminantes primarios emitidos. En el caso de los compuestos orgánicos volátiles es deseable caracterizar dichas emisiones en función de determinados grupos o especies representativas de los mismos. Debe haber una desagregación de las emisiones de contaminante en el espacio, tiempo y por tipo de fuente. Deben considerarse todas las fuentes de contaminantes posibles incluyendo la propia naturaleza (emisiones biogénicas, resuspensión de polvo, etc.). Se hace muy necesario un inventario nacional y varios regionales (compatibles entre sí) de emisiones fácilmente actualizable, que incluya más contaminantes (p.ej., partículas de origen natural), mejor resolución espacial y temporal. También, es importante que se desarrollen buenos

modelos de emisiones en modo predictivo, es decir, que predigan las emisiones para poder predecir las inmisiones.

- Usos del suelo y topografía. Los usos del suelo y la topografía son elementos también fundamentales para una correcta modelización de la calidad del aire. Se utilizarán diferentes clasificaciones de usos del suelo en un mismo modelo en función de la aplicación concreta de los mismos (emisiones biogénicas, meteorología, depósito de contaminantes). En cuanto a la disponibilidad de datos existen modelos digitales del terreno y datos de usos de suelo de la Agencia Europea del Medio Ambiente y la USGS en los EE.UU, entre otras.

En conclusión, puede decirse que:

- ♦ Debe existir mucha más investigación sobre los diferentes procesos atmosféricos en España y, en particular, la interacción entre las diferentes escalas.
- ♦ Debería existir un acceso a la información meteorológica más sencillo a través de Internet, en particular para usos científicos y para las administraciones públicas.
- ♦ Debería ampliarse la cobertura del inventario nacional de emisiones de contaminantes para acercarse a las necesidades de los modelos de calidad del aire; por ejemplo, una mayor desagregación espacial (1 Km) y temporal (1 hora). Es recomendable la existencia de inventarios regionales compatibles con el inventario nacional. Sería deseable que estas mejoras se extendiesen igualmente a las proyecciones de emisión.
- ♦ Es necesario conocer una estimación de la representatividad espacial de los datos medidos en las diferentes redes de calidad del aire con el objeto de intentar compatibilizar al máximo los resultados obtenidos por los modernos modelos (rejilla) con los valores observados.
- ♦ Parece necesario disponer de un lugar donde la información pueda ser accesible por el ciudadano tanto a través de Internet como in situ y haya en lo posible uniformidad de formatos.
- ♦ Es necesario intensificar la organización de congresos, conferencias, seminarios, workshops, grupos de trabajo, redes temáticas, etc. con el fin de facilitar el diálogo no solo entre los investigadores sino entre estos, las autoridades ambientales – en todos los ámbitos – y el público en general. Sería recomendable la existencia de un portal web de modelización de la calidad del aire.
- ♦ Es necesario tener un cuidado especial en la validación de los datos de las estaciones de medida, pues en algunas ocasiones se han observado validaciones en datos claramente dudosos.

- ♦ Los escenarios meteorológicos se utilizarán como una referencia relativa debido a que muchos episodios de contaminación atmosférica no pueden asociarse a un tipo de escenario meteorológico específico.
- ♦ Se recomienda la simulación con los modelos meteorológicos de largos periodos de tiempo.
- ♦ Se debe poner mucho más énfasis en la elaboración de modelos predictivos de emisiones.

¿Qué tipo de requerimientos deben exigirse a los modelos para cada problema o cada zona de España?

Los modelos utilizados para simular la meteorología y la dispersión de contaminantes son diversos y con un rango de aplicación más o menos limitado, según el tipo de contaminante, meteorología y, más concretamente, el tipo de circulaciones atmosféricas, las cuales van a estar muy influenciadas por las características geográficas de la zona a modelizar.

España presenta una diversidad geográfica extraordinaria: costas abruptas mediterráneas, cantábricas y atlánticas, costas planas atlánticas y mediterráneas, islas mediterráneas y atlánticas con topografía compleja, grandes valles, extensas mesetas y zonas muy montañosas. A eso hay que añadir la diversidad climática, con una marcada diferencia entre la España Húmeda y la España Seca.

Considerando las particularidades geográficas y su influencia sobre las circulaciones atmosféricas en aquellos lugares de terreno llano y uniforme (sin grandes cambios en la tipología o uso del terreno) se pueden aplicar modelos simples del tipo de penacho gaussiano con una fiabilidad razonable siendo fáciles de utilizar alimentándolos con información meteorológica de, al menos, una torre meteorológica y con unos requerimientos informáticos muy bajos.

En zonas costeras llanas, la presencia del mar implica una marcada heterogeneidad en el terreno, que es la causante de circulaciones atmosféricas cíclicas, como son las brisas. En este caso, se hacen necesarios modelos más complejos (modelos 3-D consistentes en masa junto con un buen número de datos meteorológicos de diversas torres, o modelos hidrostáticos de pronóstico), que proporcionen una visión más correcta de las características tridimensionales de los flujos de aire.

En el caso de terrenos ondulados con colinas suaves, se pueden aplicar modelos similares a los expuestos en los casos anteriores. Los modelos de dispersión han de ser más complejos, del tipo Lagrangiano (el contaminante se simula con un conjunto grande de elementos – nubes o partículas – dispersándose independientemente unas de otras) o Euleriano (modelos que simulan la dispersión de contaminantes en el marco de una rejilla de cálculo cubriendo la zona de estudio).

En el caso de terrenos de topografía compleja (fuertes pendientes), se producen circulaciones de aire de origen térmico (calentamiento y enfriamiento de laderas), como las brisas de montaña-valle, y perturbaciones mecánicas de los vientos a gran escala (vientos sinópticos) al actuar las montañas como obstáculos. Estos son los casos más desfavorables, donde los requisitos a cumplir obligan a que los modelos sean más complejos (modelos de tipo no-hidrostático), más requerimientos de datos de entrada, mayor resolución espacial y, por tanto, mayores costes computacionales y experiencia por parte del usuario. Los modelos de dispersión tendrán que ser acordes con esa complejidad utilizando modelos de tipo Lagrangiano o Euleriano.

En general, los datos de entrada que requieren los modelos de calidad del aire son, básicamente:

- Emisiones, generalmente proporcionados por un modelo de inventario de emisiones. La exactitud de éstas son fundamentales en el funcionamiento del modelo. Deben aportar los datos de los contaminantes que precise el mecanismo químico que incorpore el modelo de dispersión y deben estar desagregadas en el espacio y el tiempo.
- Datos meteorológicos y campos meteorológicos 3-D (viento, temperatura, humedad, parámetros relativos a la turbulencia y la dispersión, etc), 2-D (radiación solar, altura de capa de mezcla, lluvia, etc). Esta información tan detallada se suministra generalmente mediante modelos meteorológicos, que a su vez utilizan datos de estaciones.
- Otros: latitud, día del año, velocidades de depósito, velocidades de fotólisis (muy importantes porque afecta a la simulación de la química atmosférica), orografía del terreno, usos del suelo, condiciones iniciales (cuál es la contaminación inicial) y de contorno (qué contaminación entra por las fronteras de nuestro dominio de cálculo), etc.

Para la validación de modelos de calidad del aire, se deberá contar con los datos experimentales suministrados por diversas redes de medida de calidad del aire (tales como EMEP, Comunidades Autónomas, etc.), otras estaciones automáticas posibles, ozonosondas e imágenes satelitales; además de otros datos ya validados por las entidades medioambientales correspondientes e información complementaria meteorológica, bases de datos procedentes de campañas experimentales de diferentes proyectos, etc.

La tendencia actual en el uso de modelos de calidad del aire para aplicaciones reglamentarias se enfoca principalmente hacia la elaboración de guías de uso de modelos de calidad del aire frente al establecimiento de modelos oficiales, puesto que los modelos actuales continúan en desarrollo mientras que los oficiales pueden quedar obsoletos y limitados. Las guías de aplicación de modelos de calidad del aire deben ser documentos dinámicos, sometidos a continua revisión por

parte de usuarios y modelizadores con el fin de cubrir las necesidades y requisitos establecidos por los problemas de calidad del aire. También deben informar sobre cómo se deben usar los resultados de los modelos y otras medidas para cumplir con los requisitos de aceptación de los modelos de calidad del aire; y cómo se deben aplicar los modelos de calidad del aire para asegurar el cumplimiento de los requisitos de aceptación.

La US Environmental Protection Agency (US EPA) ha desarrollado una serie de directrices (US EPA, 2005), basadas en las directrices del año 1991 (US EPA, 1991) para el uso de una serie de medidas estadísticas en evaluación de modelos para aquellas zonas donde los datos de monitorización son suficientemente densos. Estas medidas son el sesgo normalizado (MNBE), el error relativo normalizado (MNGE) y la exactitud en la predicción del pico (UPA). Los criterios informales de ajuste o estándar de rendimiento han evolucionado durante más de diez años para proporcionar un marco de estudio a la hora de calificar el rendimiento de los modelos de calidad del aire. Los criterios aceptados son: MNBE = ± 5 a $\pm 15\%$; MNGE = +30 a +35%; y UPA = ± 15 a $\pm 20\%$. Se acepta que un modelo funcione bajo estos valores estadísticos una vez eliminadas las influencias de las condiciones iniciales y de contorno.

De otro lado, la legislación española derivada de la europea marca los niveles de incertidumbre que han de cumplir los modelos para cada contaminante. La incertidumbre de la modelización viene definida como la desviación máxima de los niveles de concentración medidos y calculados, durante el período de cálculo del umbral apropiado, sin tener en cuenta la cronología de los sucesos. Tanto estos niveles de incertidumbre aceptada como las directrices de EPA han de ser tenidas en cuenta en la evaluación del modelo.

Un sistema de validación de modelos debe diseñarse orientado a determinar la capacidad de los modelos a predecir correctamente las superaciones de valores límite, umbrales de aviso a la población y alertas, así como de su capacidad para ajustarse a la series temporales de datos medidos contrastando la información de medidas disponibles (datos de estaciones de calidad del aire, meteorológicas, imágenes satelitales, etc.). El sistema de validación operacional deberá tener dos niveles: un nivel de interacción simplificado y rutinario (nivel I) basado en una serie de estadísticos clásicos discretos, categóricos o índices de habilidad, siguiendo los criterios de Calidad del aire de la UE; y otro no rutinario (nivel II) haciendo hincapié en los componentes de la herramienta de pronóstico y en base a la información complementaria disponible y en función de los escenarios concretos. Es primordial que el sistema de validación no sea un sistema

estático, sino que esté en continua mejora de su capacidad y, por tanto, de la calidad de las predicciones.

¿Cuáles son los modelos que se usan en España y en el mundo?

Existe un amplio número de modelos desarrollados y utilizados en el mundo en el ámbito de la calidad del aire. Ello es debido a la diversidad de contaminantes, escalas espaciales y temporales, y procesos físicos y químicos junto con la necesidad de elaborar información necesaria para los modelos de dispersión (meteorología y emisiones). El grado de complejidad también es muy diverso, así como el rango de aplicabilidad asignable a cada modelo.

Existen modelos de dispersión de contaminantes sin reacciones químicas complejas, tales como, CALPUFF, MELPUFF, CTDMPPLUS, ISC3, FLEXPART, HYPACT, etc. Modelos enfocados a la simulación de la fotoquímica atmosférica como CMAQ, CAMX, CHIMERE, MARS, CALGRID, OPANA, etc. Otros son específicos para simular el transporte de grandes distancias de polvo como es el caso del BSC-DREAM. Hay modelos adecuados para evaluar la contaminación en calles como el OSPM y modelos para simular el comportamiento de gases más densos que el aire (nubes tóxicas emitidas en accidentes industriales) como SLAB.

A estos modelos de dispersión propiamente dichos, hay que sumar los modelos meteorológicos (necesarios para proveer de la información meteorológica que necesitan los modelos de dispersión) de los que puede afirmarse que MM5 y WRF son los más utilizados, aunque también habría que destacar a RAMS y CALMET entre otros.

Los modelos de emisiones es otro grupo muy importante y necesario para estimar las emisiones de contaminantes que requieren los modelos de dispersión. Algunos de ellos están enfocados a un tipo concreto de fuente emisora, como es el caso de MOBILE6, MACTRA-MICTRA o COPERTIII para las emisiones debidas al tráfico, o WBEIS para emisiones biogénicas, o MECH para resuspensión mecánica de partículas. Otros, sin embargo, pueden abordar una amplia tipología de fuentes emisoras y contaminantes, como es el caso de SMOKE, EMICAT2000 o EMIMO.

La EPA establece una serie de modelos recomendados para abordar distintos problemas de calidad del aire. El proceso de selección de modelos recomendados es muy riguroso, aunque lento, de tal forma que los modelos son sometidos a pruebas exhaustivas para verificar su capacidad de

reproducir los procesos atmosféricos (evaluación frente a datos de experimentos de campo) y validez frente a otros modelos (intercomparación con otros modelos). Aunque en muchos casos, estos modelos no sean los más actuales y, por tanto, quizá sean superados por otros modelos más recientes, se puede afirmar que tienen una fiabilidad contrastada. Estos modelos recomendados por la EPA están accesibles en su página web (<http://www.epa.gov/ttn/scram/>).

Por otro lado, la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA – European Environment Agency) (<http://www.eea.eu.int/>) ha desarrollado una base de datos de modelos aplicados a distintos aspectos de la calidad del aire a través del European Topic Centre on Air and Climate Change. Esta base de datos es conocida como Model Documentation System (Sistema de Documentación de Modelos) (<http://air-climate.eionet.eu.int/databases/MDS/index.html>). El objetivo es proveer una guía a los usuarios de modelos en lo referente a la selección del modelo o modelos más apropiados para cada aplicación concreta.

Además, dentro de las actividades de las acciones europeas COST 728 y 732 se está elaborando un inventario de modelos atmosféricos, tanto para meteorología como para dispersión y química, desarrollados y/o utilizados por diversos grupos de investigación, empresas y administraciones en distintos países europeos (<http://www.mi.uni-hamburg.de/index.php?id=539>).

En España, el uso de modelos ha ido creciendo de forma bastante notable en la última década. Existe un número todavía pequeño, pero importante, de grupos dedicados a la modelización de la calidad del aire, no sólo en el ámbito académico e investigador, sino también en el sector consultor y, en menor medida, en la administración. En el documento, en un apéndice se muestran unos cuadros resumen indicando la actividad de modelización de diversos grupos, los modelos que utilizan y qué tipo de estudios y aplicaciones se han realizado.

Además de la aplicación estricta de modelos, en España se han realizado estudios utilizando técnicas matemáticas con redes neuronales y modelos estadísticos, o técnicas de combinación de mediciones, modelización y sistemas de información geográfica.

Por otro lado, las actividades de modelización podrían estar más coordinadas si existiese un portal WEB de modelización de la contaminación atmosférica, donde se pueda reunir toda la información relevante sobre modelos, descripción, aplicaciones, resultados de simulaciones a nivel nacional para la evaluación de la calidad del aire, predicciones, noticias, cursos, enlaces a otras web, congresos, etc. Éste se podría orientar hacia un “entorno colaborativo” con acceso a

miembros del grupo o comunidad de modelistas y usuarios, donde se pudiera volcar software libre, documentos actualizados, experiencias, foro de debate, etc.

En CIEMAT, se ha estado trabajando en diseño y estructura de contenidos, así como en la preparación del material escrito y gráfico. Esta web tendría varias secciones:

1. Introducción a los modelos atmosféricos.
2. Tipos de modelos, donde se explicaría con más detalle los aspectos básicos de diferentes tipos de modelos.
3. Modelos atmosféricos utilizados en España. Incluiría un listado de los modelos utilizados en España tanto por universidades y centros de investigación como por empresas y administración local, autonómica y del Estado. Se describirían los mismos y en qué tipo de problema, estudios y/o aplicación están siendo utilizados.
4. Enlaces de interés, que permitirían al usuario tener un acceso rápido a otras Web: temáticas, grupos de investigación en modelización atmosférica, de instituciones, proyectos y programas y datos de interés para la modelización.
5. Predicciones meteorológicas y de calidad del aire, donde habría enlaces directos con páginas Web donde se mostrasen información de este tipo.
6. Resultados de aplicación de modelos en la evaluación anual de la calidad del aire en España con la posibilidad de descargar los resultados.
7. Información y documentación relativa a noticias, cursos, publicaciones y congresos sobre el tema. En cuanto a cursos, se está considerando la posibilidad de realizar cursos web utilizando la tecnología E-learning.

¿Cómo debe ser la información de inventarios de emisiones para ser utilizada por los modelos?

Un tema importante en la modelización son los inventarios de emisiones, es decir, la información sobre cuánto contaminante se emite, dónde, cuándo, cómo, etc. Esta información ha de ser muy precisa para su uso en la modelización, ya los errores en las emisiones llevan directamente a errores en los cálculos de concentraciones. Además, la información de emisiones debe cubrir un número de contaminantes equivalente a aquellos que se desean estudiar y que están contemplados en el mecanismo químico del modelo de dispersión, debe dar información sobre cómo cambian las emisiones con el tiempo y cómo se distribuyen espacialmente, tanto las fuentes

puntuales relevantes, como las móviles o de área, en cada caso de acuerdo a los requerimientos del caso de estudio y el sistema de modelización. Para ilustrar todos estos aspectos, en el documento se muestra un ejemplo de adaptación de un inventario a macroescala con emisiones totales anuales a los requerimientos de un modelo químico y de transporte basado en el mecanismo fotoquímico Carbon Bond IV.

Consideraciones finales

La labor de este grupo de trabajo creemos que no ha hecho más que empezar, ya que se han tratado temas muy relevantes pero quedan todavía aspectos por discutir que, creemos, justificarían la continuidad del Grupo de Trabajo de Modelización de la Calidad del Aire posterior a la celebración del V Seminario de Calidad del Aire en España. Este grupo puede ser un foro de contacto entre los modelistas, investigadores y gestores de la calidad del aire. En él, se podrían poner en común los últimos avances o novedades en la materia y establecer prioridades y necesidades concretas de investigación. Se pueden desarrollar guías y metodologías para una mejor selección y uso de modelos, en respuesta a la eterna pregunta de por qué no hay uno o unos modelos oficiales en España. Además, se puede apoyar al Ministerio de Medio Ambiente en ciertos aspectos legislativos en los que la modelización pueda tener un papel relevante, sobre todo a la luz de las últimas directivas europeas y la legislación nacional. Asociado a este grupo, estaría la existencia de un portal Web de modelización de la calidad del aire, que puede ser un elemento de comunicación y de transferencia de información entre modelistas, gestores de calidad del aire y público en general, así como un elemento de formación y consulta para no iniciados.