

TRANSREG

Estacionalidad de los procesos meteorológicos responsables del TRANSPORTE REGIONAL de contaminantes atmosféricos

Financiación: Ministerio de Ciencia y Tecnología (CGL2007-65359/CLI)
Coselleria d'Educació de la Generalitat Valenciana (ACOMP/2009/084)

Periodo: 1/10/2007 - 30/9/2010

Responsable: Jose Luis Palau (jlp@confluencia.biz)

Participantes: Millán Millán, Jose Ignacio Roselló, Fernando Santa Cruz

Instituciones: Fundación CEAM (Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo). Paterna (Valencia).

Ente Promotor Observador (EPO): ITER (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables - División de medioambiente). Santa Cruz de Tenerife (Canarias).

* Introducción

Este proyecto tiene como finalidad, en primer lugar, la caracterización estacional (primavera versus verano) de los procesos meteorológicos que regulan la dispersión y el transporte de gases contaminantes y aerosoles, así como las retroalimentaciones y sinergismos asociados a los mismos en la cuenca mediterránea occidental. Es por ello que esta línea de investigación queda enmarcada dentro de la séptima prioridad temática (aunque presenta una de sus líneas de actuación, la LA 2, directamente relacionada con la sexta prioridad temática) del Subprograma Nacional de Atmósfera, Clima y Cambio Climático, perteneciente al Programa Nacional de Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global (Programas Nacionales de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, publicada en el BOE durante el 2006).

En segundo lugar, este es un proyecto de investigación aplicada con implicaciones directas en las actividades que la Concejalía de Territorio y Vivienda de la Generalidad Valenciana mantiene con relación a la vigilancia, el control y la gestión de la Calidad del Aire en la Comunidad Valenciana. Se prevé que los resultados obtenidos sirvan para complementar las tareas de vigilancia y predicción de la calidad del aire en las Comunidades Autónomas de la vertiente mediterránea, al incrementar el conocimiento de las relaciones entre la meteorología mesoescalar de la cuenca mediterránea y los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos. Las tareas y resultados previstos de este proyecto también están relacionados con el ámbito temático cubierto por el Comité de la Comisión Europea COST 728 ("Enhancing Meso-Scale Meteorological Modelling Capabilities For Air Pollution and Dispersion Applications"), en el que el Dr. Millán Millán participa como

delegado Nacional y el Dr. Jose Luis Palau como experto en simulaciones mesometeorológicas aplicadas a estudios de dispersión de contaminantes atmosféricos (Grupo de trabajo 3 de la acción COST 728). En este ámbito se prevé que los resultados de este proyecto aporten evidencias adicionales a las ya existentes en relación con las peculiaridades de la dispersión de los contaminantes en la cuenca mediterránea, para ser contrastados con los procesos dispersivos observados en la zona norte de Europa (fundamentalmente bajo condiciones de estabilidad neutra). Adicionalmente, este proyecto contempla la ejecución de un programa piloto de diagnóstico del impacto de grandes instalaciones industriales en la calidad del aire de áreas densamente pobladas de la isla de Tenerife. Este programa está fuertemente respaldado (incluyendo apoyo logístico, instrumental y con recursos humanos) por el EPO del proyecto (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, ITER - División de medioambiente) ya que, tal y como manifiesta en su carta de compromiso, "este proyecto generará una sinergia muy importante para el convenio existente entre el Cabildo Insular de Tenerife y el ITER sobre detección, seguimiento y medida de contaminantes atmosféricos en la Isla de Tenerife (TENAIR 2005) firmado en el 2003 (el EPO adjunta copia del mismo) y que recientemente se ha prorrogado hasta finales de 2008".

En tercer lugar, este proyecto también se encuadra como objetivo prioritario del VI Programa Marco de Acción Medioambiental de la Unión Europea (Cambio global y ecosistemas). En este sentido, los resultados de esta investigación permitirán ahondar en el conocimiento de los procesos físicos que rigen el transporte y dispersión de contaminantes en la cuenca occidental del Mediterráneo, y podrán ser incluidos de manera natural y directa dentro de las líneas de trabajo de la Red de Excelencia ACCENT (Atmospheric Composition Change: An European Network), financiada por la UE y de la que la Fundación CEAM participa como único representante español.

* Objetivos

El objeto general de este proyecto es la caracterización de la estacionalidad de los procesos meteorológicos que rigen la dispersión y el transporte de contaminantes atmosféricos a lo largo de las costas mediterráneas de la Península Ibérica, así como las retroalimentaciones y sinergismos asociados a los mismos.

Este objetivo genérico se aborda a partir del desarrollo de tres objetivos específicos:

1. Caracterizar la variación estacional de los caminos probables de transporte regional y de su continuidad con los mecanismos de transporte en el Sur de Europa. Para ello se ejecutará un modelo meteorológico (RAMS) que permitirá describir, a escala regional, las condiciones de transporte en escenarios representativos de las estaciones de primavera y verano en el Sur de Europa (particularmente en la cuenca mediterránea occidental); identificando (a) los

pasos preferentes de las masas aéreas, (b) los mecanismos de transporte regional, y (c) la continuidad con los procesos mesoescalares que se desarrollan en la Península Ibérica.

2. Identificar y caracterizar los escenarios representativos del transporte interprovincial de contaminantes atmosféricos a lo largo de la costa mediterránea de la Península Ibérica durante la primavera y el verano. Para ello se pretende caracterizar, mediante simulaciones mesometeorológicas (RAMS) y dispersivas (HYPACT), la influencia que la dinámica atmosférica mesoescalar tiene en la advección de contaminantes en áreas costeras montañosas. El análisis de las variaciones estacionales se llevará a cabo mediante el estudio comparado (a) de los vientos de drenaje, (b) de la interfase tierra-mar, (c) de las inyecciones orográficas, (d) de las recirculaciones, y (e) de la perturbación de flujo atmosférico sinóptico.

3. Difundir los resultados de investigación en los ámbitos nacional (principalmente a través de un convenio de sobre el estudio del Ozono Troposférico en la Península Ibérica, entre la Fundación CEAM y el Ministerio de Medio Ambiente y de los grupo de trabajo de atmósfera que este Ministerio coordina) y en el ámbito europeo (fundamentalmente a través de la red de excelencia ACCENT, la acción COST 728 y del proyecto integrado CarboEurope-IP).

* Líneas de actuación del proyecto

Este proyecto pretende caracterizar el transporte de contaminantes a lo largo de las costas mediterráneas de la Península Ibérica en diferentes estaciones del año, caracterizando las conexiones de los niveles de fondo y de la evolución diaria de contaminantes atmosféricos, con algunos de los principales focos emisores a lo largo de la vertiente mediterránea. Para ello se seguirán cuatro líneas de actuación paralelas (aunque inter-relacionadas), que se corresponden con cuatro metodologías independientes pero complementarias.

La primera línea de actuación se corresponde con la fase I del proyecto y con el primer objetivo específico de la propuesta. Durante esta fase se prevé realizar un estudio sinóptico de los caminos probables del transporte regional partiendo de los conocimientos previos de las continuidades de los procesos de transporte regional en el Sur de Europa y en la Península Ibérica.

La segunda línea de actuación está también enmarcada en la primera fase del proyecto y tiene como objeto, por un lado, la verificación de la idoneidad y de la calidad de la instrumentación (sensores remotos terrestres) con la que se llevarán a cabo las campañas experimentales previstas en la segunda fase de este proyecto (tercera línea de actuación); y por el otro lado, la comprobación y la evaluación de los diferentes sistemas y estrategias de medida a emplear. Esta La segunda fase del proyecto se corresponde con la caracterización a alta resolución espacio-temporal, del transporte interprovincial en las costas mediterráneas de la Península Ibérica durante

condiciones meteorológicas “típicas” de la primavera y el verano (segundo objetivo específico de la propuesta). Para ello, dentro de esta segunda fase, se llevarán a cabo dos líneas de actuaciones complementarias:

La tercera línea de actuación medidas de campo de las emisiones de NO₂ de los núcleos urbanos e industriales de Castellón, Sagunto, Valencia y Alicante durante las estaciones de primavera y verano; y,

la cuarta línea de actuación simulaciones meteorológicas y dispersivas de las campañas de campo.

Como línea de actuación transversal (o integradora) a las dos primeras fases del proyecto, y dentro ya de la tercera fase del proyecto,

la quinta línea de actuación, como subproducto aplicado del conocimiento y los procedimientos desarrollados en las dos fases anteriores, se propone el diseño y ejecución de un programa piloto de diagnóstico del impacto que las grandes instalaciones industriales ubicadas en la isla de Tenerife

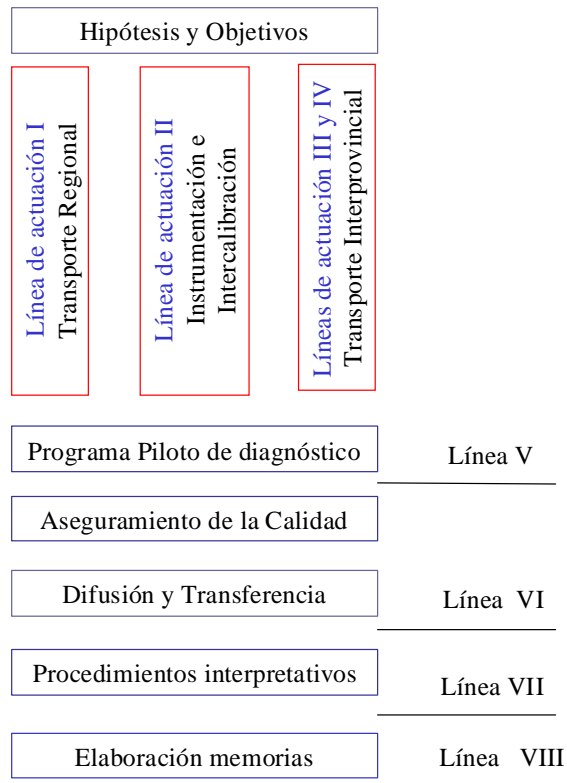
La sexta línea de actuación, correspondiente a la tercera fase del proyecto, se centra en la evaluación integral de los resultados obtenidos en el marco de la comunidad científica nacional e internacional, así como en su difusión y transferencia (tercer objetivo específico del proyecto). Esta tercera línea de actuación además contempla la posibilidad de incorporar a lo largo de la ejecución del proyecto las ideas y sugerencias que la comunidad científica aporte a la vista de los resultados que se vayan generando y difundiendo.

Este proyecto contempla adicionalmente una serie de actividades integradoras, agrupadas en

la séptima línea de actuación, que consisten esencialmente en el tratamiento conjunto de los datos e información obtenidos en las tres fases anteriores del proyecto y en la preparación de módulos (programas) de análisis de datos que permitan la comparación directa de los datos experimentales y simulados.

Hay un octavo y último grupo de actividades transversales o integradoras,

la octava línea de actuación del proyecto, correspondiente a la cuarta y última fase del proyecto, consistente en la elaboración de las memorias anuales de seguimiento y de la memoria final del proyecto tras las tres anualidades previstas.



* Método experimental

La metodología aplicada en la fase experimental es la misma que viene siendo utilizada en los últimos 30 años en el seguimiento de focos puntuales, tanto antropogénicos como naturales; así como para el seguimiento de focos extensos (como es el caso, por ejemplo, de los estudios de transporte transfronterizo realizados en la República Federal Alemana y sus países limítrofes en 1985-86 (Beilke et al. 1986); o de los estudios del transporte de contaminantes en el entorno urbano de Madrid (Artiñano et al. 1993).

Beilke, S.; Berg, R.; Grosch, W.; Blommers, A.H.; Jansen, F.W.; Leilieveld, J. (1986) Air sampling flights at low altitudes along the border between the Federal Republic of Germany and its Neighbours. *Proceedings of the Fourth European Symposium "Physico-Chemical behaviour of atmospheric pollutants"* held in Stresa, Italy, September 1986. Commission of the European Communities; edited by G. Angeletti and G. Restelli and published by D. Reidel Publishing Company, ISBN 90-277-2464-4.

Artiñano, B.; Pujadas, M.; Plaza, J.; Terés, J.; Cabal, H. (1993) Characterization of a pollution episode in stagnant conditions in the greater Madrid Area. *Proceedings of the Sixth European Symposium "Physico-Chemical behaviour of atmospheric pollutants"* held in Varese, October 1993. Edited by G. Angeletti and G. Restelli and published by European Commission, Report EUR 15609/1 EN.

Las técnicas que se utilizan en la metodología propuesta son técnicas que permiten realizar una cobertura espacial y temporal mayor que las técnicas basadas en métodos de muestreo puntual. Por lo que la metodología propuesta no solo cumple los métodos de muestreo homologados por la Environmental Protection Agency de los EE.UU. (USEPA) y por la Agencia Europea de Medioambiente (EEA), basados en estaciones de medida fijas, sino que permite obtener resultados con una mejor resolución espacio-temporal.

El instrumento utilizado en la metodología propuesta, COSPEC V, es el instrumento de referencia para otra serie de instrumentación basada en

sensores remotos terrestres pasivos. Esto se ha puesto de manifiesto durante la realización del proyecto Europeo DORSIVA (2002-2005), en el que toda la nueva tecnología basada en la técnica DOAS ha utilizado como patrón de trazabilidad al COSPEC V. Además este sensor es óptimo en la estimación de tasas de emisión ya que permite una alta resolución espacio- temporal y además permite realizar medidas en movimiento, al igual que los sistemas mini-DOAS. Con otros sistemas de teledetección cualquiera de las anteriores características no son alcanzables, ya que en muchos casos la resolución espacio-temporal es baja (satélites, etc...) y en otros casos no son equipos móviles (LIDAR, etc...).

El COSPEC es un sensor basado en técnicas espectroscópicas. Específicamente en la denominada espectroscopía de correlación dispersiva. Esta técnica fue introducida por los astrofísicos a mediados de la década de los años 60, y adaptada a la realización de medidas remotas en el campo de la contaminación atmosférica a finales de la misma década. Se trata de una técnica muy versátil que, con pequeñas modificaciones, puede aplicarse al diseño de equipos adaptados a la medida continua de contaminantes gaseosos en ambiente, medida de emisiones y a medida remota tanto en modo activo, en larga trayectoria con fuentes de luz artificiales, como en modo pasivo empleando como fuente de luz la radiación solar difusa procedente del cenit.

La espectrometría de correlación es en la actualidad una técnica de medida remota bien establecida para algunos contaminantes atmosféricos, cuyo concepto instrumental se basa en el conocimiento del espectro del gas a medir. Utiliza la medida simultánea a varias longitudes de onda, correspondientes a máximos o mínimos de absorción del espectro del gas, situando en dichos puntos conjuntos de rendijas, denominados mascarillas. De esta manera, se generaliza el concepto de medida a dos longitudes de onda próximas utilizado en espectroscopía de absorción, con la pretensión de intensificar la respuesta del gas a medir y disminuir la interferencia producida por la presencia de otras especies.

Así, el COSPEC puede ser utilizado para la medida del SO₂ o NO₂ existente a lo largo de su línea de visión, sólo con unas pequeñas modificaciones para pasar de un gas a otro. Mientras que el intervalo espectral de medida óptimo de SO₂ se sitúa entre 290 nm - 320 nm (ultravioleta cercano), el de NO₂ se encuentra comprendido entre 420 nm - 450 nm (azul visible).

Las medidas con este sensor remoto se realizarán con tres unidades móviles (furgonetas) instrumentados con sensores COSPEC V modificados y configurados para medir remotamente NO₂ (figura 2).



Figura 2. Fotografías de una de las unidades móviles instrumentada con un COSPEC V modificado y configurado para medir NO_2 . La unidad móvil también está instrumentada con un monitor en continuo de quimioluminiscencia para la determinación de la concentración de NO_2 y NO_x en el suelo.

La estrategia de medida de las dos primeras furgonetas será medir en movimiento a lo largo de las periferia del núcleo urbano/industrial seleccionado, en arcos perpendiculares al eje promedio de dirección de los vientos en régimen de brisa (ejemplo, medidas mostradas en figura 2).

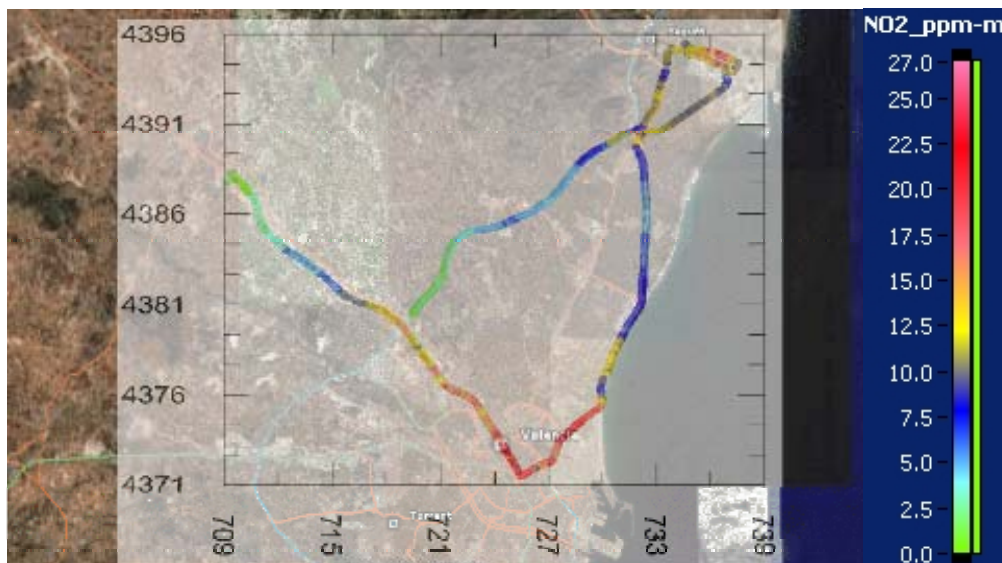


Figura 2. Medidas de NO_2 efectuadas con una unidad móvil, instrumentada con un COSPEC V modificado y mejorado, entre los núcleos urbanos e industriales de Valencia y Sagunto (en las costas mediterráneas de la Península Ibérica).

Para poder estimar el caudal neto promedio de NO_2 emitido por todo el núcleo urbano/industrial, figura 3, se emplearán las medidas simultáneas efectuadas con las dos furgonetas a sotavento (unidad 2) y a barlovento (unidad 1) del núcleo urbano e industrial durante los días de campaña (hay que remarcar que cómo se trata de entornos urbanos costeros, el régimen de vientos predominante es de ciclo diurno (brisas) y que es posible medir durante el día entre el mar y el núcleo urbano y/o industrial, es decir, a

de la capa límite sobre las zonas costeras durante el año y su continuidad en el interior (los sondeos se realizarán en la cuenca del río Turia en primavera y en verano). Estos sondeos meteorológicos coincidirán en el tiempo con las medidas efectuadas con las unidades móviles y consistirán en medidas simultáneas con un globo cautivo en la costa y con sondas libres en el interior (entre 60 y 80 kilómetros hacia el interior desde el lugar donde se esté sondeando con el globo cautivo).

* Campañas experimentales previstas

Se llevarán a cabo un total de cuatro campañas experimentales, dos (primavera y verano) por cada uno de los núcleos urbanos/industriales seleccionados, Sagunto y Valencia (tabla 1)

Las campañas experimentales tendrán una duración de tres días consecutivos y se llevarán a cabo durante condiciones meteorológicas típicas de la primavera y del verano (atendiendo a la clasificación sinóptica efectuada durante la fase I del proyecto) con tres laboratorios móviles (furgonetas) instrumentados con dos COSPEC V (figura 1) configurados para medir NO₂ y un miniDOAS. Adicionalmente dos de los tres laboratorios móviles tendrán instalados sendos monitores de NO_x que registrarán en continuo y simultáneamente con el COSPEC y el miniDOAS las concentraciones de NO₂ y NO_x en superficie. El tercer laboratorio móvil irá instrumentado con un monitor de O₃ para medir las concentraciones de dicho contaminante en superficie.

El objetivo fundamental de las furgonetas instrumentadas con los monitores en continuo de NO_x es la determinación del aporte neto promedio de NO₂ advechado desde los cuatro núcleos urbanos/industriales considerados (figura 2 y tabla 1).

El objetivo fundamental de la tercera furgoneta (instrumentada con el monitor en continuo de O₃) será la de registrar la continuidad espacial del penacho urbano en su transporte interprovincial y las variaciones que sufra su dirección de advección conforme vayan evolucionando las circulaciones mesoescalares durante el día (figura 3).

Núcleo urbano / industrial	Días de campaña x N° Campañas	Fechas Previstas	Sondeos Meteorológicos
Campaña de intercalibración en C.T. Andorra (Teruel)	4 X 1	Mayo 2008	NO
VALENCIA (x 2 campañas)	3 x 2	Entre el verano 2008 y el verano 2009	3 sondas libres al día
SAGUNTO (x 2 campañas)	3 x 2	Entre el verano 2008 y el verano 2009	NO
TENERIFE (diagnóstico de 2 focos)	4 x 1	Verano 2010	NO

Tabla 1. Plan de campañas experimentales previstas durante el desarrollo del proyecto.

* Productos

Informes anuales: 2007 (inicial), 2008, 2009, 2010 (final)

* Publicaciones relacionadas con el proyecto realizadas por el equipo:

Palau, J. L.; Pérez-Landa, G.; Meliá, J.; Segarra, D.; Millán, M. M. (2006) A study of dispersion in complex terrain under winter conditions using high-resolution mesoscale and Lagrangian particle models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 1105-1134. <http://www.atmos-chem-phys.net/6/1105/2006/acp-6-1105-2006.pdf>

Pérez-Landa, G.; Ciais, P.; Gangoiti, G.; Palau, J.L.; Carrara, A.; Gioli, B.; Miglietta, F.; Schumacher, M.; Millán, M.M.; Sanz, M.J. (2007) Mesoscale transport of atmospheric CO₂ over complex terrain in the Valencia coastal region, Spain. Part 2. Linking CO₂ surface fluxes to concentration observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 1851- 1868. <http://www.atmos-chem-phys.net/7/1851/2007/acp-7-1851-2007.pdf>