



ACTIVIDADES ESPAÑOLAS EN EL MARCO DEL PROYECTO CHARMEX DESDE 2009: UN RESUMEN

Michaël Sicard^{1,2}, Jorge Pey^{3,4}, Jose Carlos Cerro⁵, Diego Lange^{1,2}, Sandra Caballero⁶, Antonio Tovar-Sanchez⁷, Rafael Morales-Baquero⁸, Adolfo Comerón¹, Carles Bujosa⁹, Xavier Querol⁴, Begoña artiñano¹⁰, Lucas Alados-Arboledas¹¹, Andres Alastuey⁴, Francesc Rocadenbosch^{1,2}, Alvaro Muñoz¹, Constantino Muñoz¹, David García-Vízcaíno¹, Jordi Bach¹, Xavier Bush¹

¹Remote Sensing Laboratory, Universidad Politécnica de Cataluña, c/ Jordi Girona, 1-3, Barcelona, Spain; msicard@tsc.upc.edu; lange@tsc.upc.edu; comeron@tsc.upc.edu; roca@tsc.upc.edu; alvaro.munoz@etu.unistra.fr; constan@tsc.upc.edu; dgarcia@tsc.upc.edu; jordi.bach@gmail.com; xavier.bush@gmail.com

²Centre de Recerca de l'Aeronàutica i de l'Espai - Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, Universidad Politécnica de Cataluña, c/ Jordi Girona, 1-3, Barcelona, Spain

³Aix-Marseille Université, CNRS, LCE FRE 3416, 13331, Marseille, France; jorge.pey@univ-amu.fr

⁴Institute of Environmental Assessment and Water Research, IDAEA-CSIC, Barcelona, Spain; xavier.querol@idaea.csic.es; andres.alastuey@idaea.csic.es

⁵Illes Balears University, Spain; jccerro@dgqal.caib.es

⁶Atmospheric Pollution Laboratory, Miguel Hernández University, Spain; san.cab@umh.es

⁷Department of Global Change Research, IMEDEA (CSIC-UIB), Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, C/ Miguel Marqués 21, Esporles, Spain; atovar@imedea.uib-csic.es

⁸Departamento de Ecología, Universidad de Granada, Granada, Spain; rmorales@ugr.es

⁹ENDESA, Spain; carlesbu@gmail.com

¹⁰CIEMAT, Madrid, Spain; b.artinano@ciemat.es

¹¹Andalusian Centre for Environmental Research, Junta de Andalucía / Applied Physics Department, University of Granada, Granada, Spain; alados@ugr.es

RESUMEN. El proyecto ChArMEx (Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment) es una iniciativa francesa cuyo objetivo es desarrollar y coordinar las acciones de investigación regionales para una evaluación científica de la situación actual y el futuro del medio ambiente atmosférico en la cuenca mediterránea. Los grupos españoles que participan en ChArMEx llevan a cabo investigaciones en varios campos. Entre ellos cabe señalar: un estudio in-situ de 3 años (2010-2012) en un entorno regional de fondo en Mallorca; la instalación en Mallorca y Granada de dos nuevos colectores de deposición autónomos que colectan la deposición de polvo semanalmente; mediciones intensivas in situ y de teledetección en Barcelona en el verano 2012 durante la pre-campaña ChArMEx; y mediciones de teledetección intensivos en Barcelona y Granada en el verano de 2013 durante la campaña ChArMEx / ADRIMED. Este manuscrito da un resumen de todas las actividades conducidas por investigadores españoles hasta ahora en el marco de ChArMEx. Se presentan resultados preliminares del estudio in-situ de 3 años en Mallorca y parte de las campañas de verano de 2012 y 2013.

1. INTRODUCCIÓN.

El proyecto internacional ChArMEx (Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment) es una iniciativa francesa, cuyo objetivo es la evaluación científica de la situación actual y el futuro del medio ambiente atmosférico en la cuenca del Mediterráneo, y de sus impactos en el clima regional, la calidad del aire, y la marina biogeoquímica.



Fig. 1. Centros de investigación españoles involucrados en ChArMEx.

El objetivo de ChArMEx es el seguimiento de las partículas de corta vida y gases traza troposférico. El objetivo final es la comprensión del futuro de la región mediterránea en un contexto de fuertes presiones antropogénicas y climáticas regionales [1]. A través de siete paquetes de trabajo (workpackages), ChArMEx aborda los temas siguientes: emisiones y distribución de las fuentes; envejecimiento químico de las masas de aire con un enfoque en la formación de aerosoles orgánicos secundarios; los procesos de transporte y sus efectos sobre la calidad del aire; forzamiento radiativo directo de los aerosoles y sus consecuencias sobre el balance de agua y el clima regional; deposición atmosférica de nutrientes y contaminantes; tendencias recientes y la variabilidad en la composición atmosférica; y la evolución futura de la química atmosférica en el horizonte de 2030 y 2050. Desde 2009 varios centros españoles participan en el proyecto, en particular los workpackages sobre emisiones, forzamiento radiativo directo y deposición. Los centros españoles involucrados en ChArMEx se muestran en la Figura 1. Este manuscrito se centra en las actividades españolas conducidas en esos 3 workpackages.

1. WORKPACKAGE 1: EMISIONES

La aportación más relevante en el workpackage 1 es la implementación en una estación de seguimiento de fondo regional en Can Llompart en Mallorca ya existente de instrumentación adicional para cumplir con algunos de los siguientes objetivos: caracterización química completa de los aerosoles atmosféricos y la identificación de sus principales fuentes; evaluación de los niveles de contaminantes gaseosos y aerosoles atmosféricos en diferentes tamaños de partículas; y cuantificación y caracterización química de los flujos de deposición. La instrumentación adicional se instaló durante un periodo de 3 años comprendidos entre 2010 y 2012. Tres campañas de medidas intensivas tuvieron lugar en la primavera y en el verano de 2011 y en el verano de 2012.

La instrumentación ya existente en Can Llompart permitió medir los niveles horarios de NO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀, temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y precipitación. La instrumentación adicional consistió en:

- Un contador de partículas óptico (OPC) para determinar las concentraciones en tiempo real de PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁.

- Dos muestreado secuencial de alto volumen (HV) para la recuperación de PM₁₀ y PM₁ en filtros de microfibra de cuarzo.
- Un colector automático de deposición seca y húmeda de partículas atmosféricas.
- Un contador de partículas ultra-finas (5-1000 nm).
- Un fotómetro de absorción de múltiples ángulos (MAAP) para el monitorización continua de las concentraciones de black carbon.
- Mediciones de concentración de NH₃.

En la Tabla 1 se dan más detalles acerca del período de funcionamiento de los diferentes instrumentos. En total durante el período 2010-2012 se han recogido más de 450 muestras válidas de PM₁₀ y PM₁.

	OPC	HV sampler PM10	HV sampler PM1	D/W deposition	Number	MAAP	NH3
Routine	Non stop (1 hour)	Non stop (1 sample/4 day)		Non stop (weekly)			
Spring and summer 2011	Non stop (1 hour)	15/03-15/09 (143 samples)	16/03-21/07 (83 samples)	Non stop (weekly)	15/03-28/04 (44 days)	15/03-15/09 (185 days)	
Summer 2012	Non stop (1 hour)	06/06-15/08 (45 days)	06/06-15/08 (45 days)	Non stop (weekly)	06/06-06/08 (40 days)		06/06-15/08 (50 days)

Tabla 1. Instrumentación adicional instalada en Can Llopart durante el periodo 2010-2012.

Hasta ahora, más de 400 de ellos han sido analizados para 60 compuestos inorgánicos, así como carbono orgánico y elemental [2]. La concentración PM10 diaria durante el período de 2010 a 2012 se muestra en la Fig. 2.

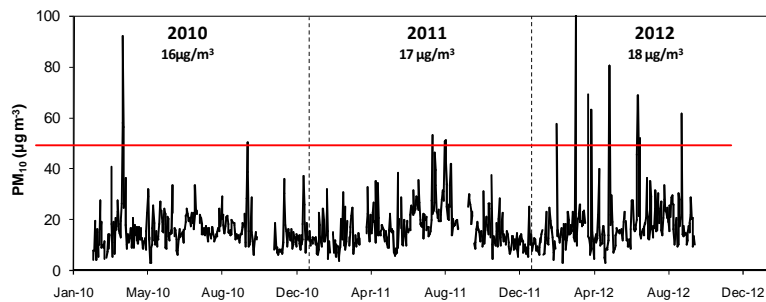


Fig. 2. Concentración de PM₁₀ durante el periodo 2010-2012 en Can Llompart.

La concentración de PM₁₀ media anual en todo el período varía entre 16 y 18 g·m⁻³. Todos los picos diarios de PM₁₀ superiores al valor límite de 50 g·m⁻³ están relacionados con intrusiones de polvo desértico del Sahara.

La composición química media durante todo el período está formado predominantemente por el 23% de materia orgánica, 17% de polvo de mineral, el 14% de SO₄²⁻ (central térmica de carbón), el 10% de sal marina, y en menor medida de nitrato y amonio (5% cada componente).

Sin embargo, variaciones estacionales significativas se observaron para la mayoría de estos componentes, especialmente para el sulfato y el polvo mineral, claramente más intensas en verano, y para el nitrato, significativamente mayor en invierno debido a la ocurrencia de NH₄NO₃ que no es estable en condiciones atmosféricas calientes.

2. WORKPACKAGE 4: FORZAMIENTO RADIATIVO E IMPACTO CLIMÁTICO.

En el contexto de la pre-campaña de ChArMEx de 2012, dos campañas de medida se llevaron a cabo: TRAQA (Long distance transport and air quality in the Mediterranean Basin) y VESSAER (VERTical Structure and Sources of AERosols in the Mediterranean Region). La comunidad española participo principalmente en la campaña TRAQA (25 junio-12 julio). Los principales objetivos de la campaña eran [3]:

- Caracterización de los procesos dinámicos de exportación de las masas de aire contaminado de las regiones de origen de todo el litoral mediterráneo.

- Cuantificación de los intercambios entre la capa límite y la troposfera libre en la cuenca del Mediterráneo.
- Seguimiento lagrangiano del envejecimiento y la mezcla de los penachos contaminados (aerosoles y gases) en la baja troposfera.
- Análisis de la representatividad de los casos de estudio y de las series temporales largas para evaluar el impacto de los penachos contaminados en la calidad del aire.

Las condiciones meteorológicas permitieron definir un total de 7 Periodos de Observación Intensiva (IOP) con aproximadamente, 60 horas de vuelo del avión de investigación instrumentado ATR-42.

Medidas lidar intensivas se realizaron en Barcelona para dar apoyo durante una intrusión de polvo sahariano (29 de junio), un evento de recirculación de contaminación (3-4 de julio) y la IOP de investigación sobre la estructura de la contaminación a lo largo de la costa mediterránea (10-11 de julio).

La campaña de medida de 2013 se llevó a cabo entre el 10 de junio y el 10 de agosto de 2013. Las actividades fueron principalmente en el Mediterráneo occidental. Al igual que en la pre-campaña de 2012, los investigadores fueron desplegados en una docena de sitios de tipo: estación de medición de tierra, plataforma de lanzamiento de globos sondas o base de los aviones de investigación instrumentados. Las operaciones en tierra fueron continuas entre el 10 de junio hasta el 10 de agosto mientras que las operaciones aerotransportadas fueron organizadas en dos períodos de observación: del 12 de junio al 5 de julio y del 23 de julio hasta el 9 de agosto.

3. WORKPACKAGE 5: DEPOSICIÓN

La deposición es un parámetro fundamental para estimar el balance de materia particular atmosférica lejos de su fuente. En los modelos de transporte de aerosoles regionales este parámetro no está constreñido debido a la falta de mediciones adaptadas [4] [5]. En el ciclo biogeoquímico marino, los efectos de la deposición en

procesos tales como la floración de fitoplancton o el aumento de la concentración de metales disueltos, entre otros, no están bien caracterizados [6].

Para llenar esos vacíos, una red de instrumentos para evaluar el flujo de deposición insoluble total de materia particulada atmosférica, y en especial de polvo del Sahara, se ha creado en la región mediterránea con un nuevo tipo de colector. Este nuevo colector es un muestreador de deposición autónoma llamado CARAGA (Collecteur Automatique de Retombées Atmosphériques à Grande Autonomie). Entre los siete instrumentos instalados actualmente en el Mediterráneo occidental, dos de ellos se encuentran en España, uno en Ses Salines (al nivel del mar y en funcionamiento desde enero de 2012), en el sureste de Mallorca y otro en Cádiz (a 1729 m asl y en funcionamiento desde agosto de 2012), en el suroeste de Sierra Nevada. Los análisis químicos de los primeros filtros recogidos están en curso.

4. CONCLUSIONES

La participación de la comunidad española de aerosoles, ya sea en campañas de campo o en las reuniones y grupos de trabajo relacionados con el proyecto ChArMEx es notable. Investigadores españoles participan activamente en el workpackage 1 (emisión), 4 (forzamiento radiativo y el impacto climático) y 5 (deposición). Su participación también contribuye de manera indirecta a cuestiones científicas de los workpackages 2 (envejecimiento) y 3 (calidad del aire y transporte). En particular, la ubicación de las Islas Baleares en el medio de la cuenca del Mediterráneo occidental, donde las condiciones de fondo son generalmente limpias es un punto estratégico para la investigación de la química, el envejecimiento y el transporte de los aerosoles transportados sobre largas distancias. Todas las actividades dirigidas por investigadores españoles y sus colaboradores internacionales llevarán a un mejor conocimiento de los aerosoles del Mediterráneo, en particular de su química, lo que tendrá un impacto sobre la fiabilidad de los modelos climáticos en la región mediterránea.

5. AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo está financiado por el proyecto del 7º Programa Marco Aerosols, Clouds, and Trace Gases Research Infrastructure Network (ACTRIS) (grant

agreement no. 262254); por el Ministerio español de Ciencia e Innovación y los fondos FEDER en los proyectos TEC2012-34575, TEC2009-09106 / TEC, CTM2011-14036-E y CGL2011-13580-E / CLI; y la beca del Programa Severo Ochoa SEV-2011-00.067. Las campañas de medida de ChArMEx (<http://charmex.lsce.ipsl.fr>) están principalmente financiadas por el programa MISTRALS (ADEME, INSU, CEA, Météo-France) y el CNES. Las mediciones de deposición en Sierra Nevada son financiadas por el proyecto CEI-BioTic-UGR 20F12 / 24. ENDESA, a través de AMBILINE, se hizo cargo de los instrumentos de rutina en Can Llompart. Los autores desean agradecer a GESA-ENDESA y la Direcció General de Canvi Climàtic i Educació Ambiental de las Illes Balears, para el uso de sus instalaciones y el soporte técnico.

6. REFERENCIAS.

1. F. Dulac et al., "An update on ChArMEx (the Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment) activities and plans for aerosol studies in the Mediterranean region", European Aerosol Conference, Granada, Spain, L. Alados Arboledas and F. J. Olmo Reyes (Eds.), 2 – 7 September 2012.
2. J. C. Cerro, J. Pey, C. Bujosa, S. Caballero, A. Alastuey, M. Sicard, B. Artíñano, X. Querol, "Regional background aerosols over the Balearic Islands over the last 3 years: ground-based concentrations, atmospheric deposition and sources", European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 7 - 12 April 2013.
3. F. Dulac et al., "The summer 2012 Saharan dust season in the western Mediterranean with focus on the intense event of late June during the Pre-ChArMEx campaign" , European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 7 - 12 April 2013.
4. C. Textor, et al., "Analysis and quantification of the diversities of aerosol life cycles within AeroCom", Atmos. Chem. Phys., 6, 1777-1813, 2006.
5. C. Textor et al., "The effect of harmonized emissions on aerosol properties in global models - an AeroCom experiment", Atmos. Chem. Phys., 7, 4489-4501, 2007.
6. A. Jordi, G. Basterretxea, A. Tovar-Sánchez, A. Alastuey, X. Querol, "Copper aerosols inhibit phytoplankton growth in the Mediterranean Sea", Proc. National Academy Sciences, doi:10.1073/pnas.1207567110, 2012.