

## Situacions de pluja forta i vent fort en territori espanyol durant el SOP1 de HyMeX

A. Jansà<sup>1</sup>, J. Campins<sup>2</sup>, M. A. Picornell<sup>2</sup> i J. A. Guijarro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitat de les Illes Balears, Palma

<sup>2</sup>Agència Estatal de Meteorologia, Palma

Rebut: 23-X-2013 – Acceptat: 6-III-2014 – Versió Original

Correspondència a: agusti.jansa@gmail.com

### Resum

*Es revisen breument les característiques més significatives dels principals casos de pluja forta, més alguns de vent fort, que van afectar Catalunya, València i les Illes Balears, i també a algunes regions espanyoles properes, durant la primera campanya experimental (SOP1) del projecte HyMeX. La majoria d'aquests casos es corresponen amb períodes activats d'observació intensiva (IOPs) i estan documentats per un desplegament important de mitjans d'observació extraordinaris. Es tracta d'una col·lecció prou interessant de casos, que suposa una oportunitat excepcional per a la verificació i desenvolupament de models de predicció d'alta resolució i per a la investigació de determinats processos, com la relació entre pluja forta i ciclogènesi.*

**Paraules clau:** SOP, HyMeX, Mediterrània, Espanya, pluja intensa, vent fort, ciclons, inundacions sobtades

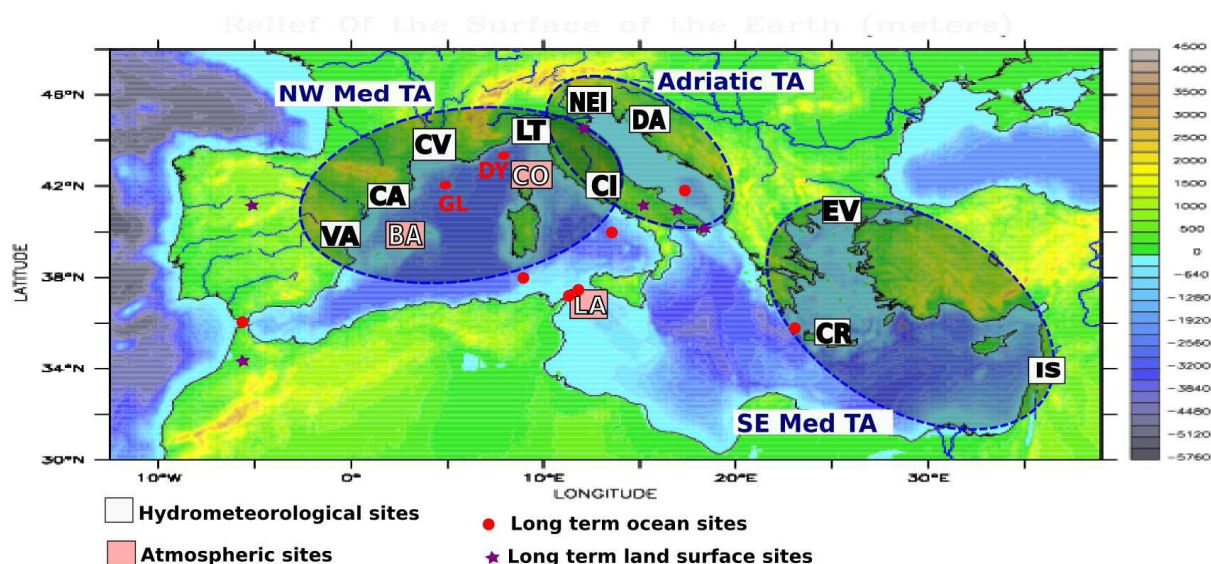
### 1 Introducció

El projecte internacional HyMeX (<http://www.hymex.org>) té com a objectiu general l'estudi del balanç hídric a la Mediterrània. Referències a aquest projecte i una descripció àmplia sobre HyMeX es poden trobar a Quintana et al. (2012). En relació al balanç hídric, HyMeX vol emfatitzar aspectes extrems d'aquest balanç, com els episodis de pluja forta, susceptibles de produir inundacions sobtades, o els de vent fort a la mar, capaços de generar evaporacions intenses, amb respostes marines complexes (Quintana et al., 2012; Drobinski et al., 2013). HyMeX és un projecte de deu anys de durada (Ducrocq et al., 2010, 2013), però els fenòmens extrems es pretenen il·lustrar en base a campanyes de camp d'alguns mesos, orientades particularment a algun dels tipus de fenomen, i referides a alguna àrea seleccionada de la geografia mediterrània. Les àrees en principi seleccionades (*target area*, TA) són les que s'indiquen a la Figura 1. Les campanyes de camp tenen el nom genèric de SOP (*Special Observation Period*, Període d'Observació Especial) i en el seu desenvolupament hi ha un important desplegament de mitjans extraordinaris d'observació. Alguns d'aquests mitjans es mantenen permanentment actius durant tot el SOP, però n'hi ha d'altres (com els avions instrumen-

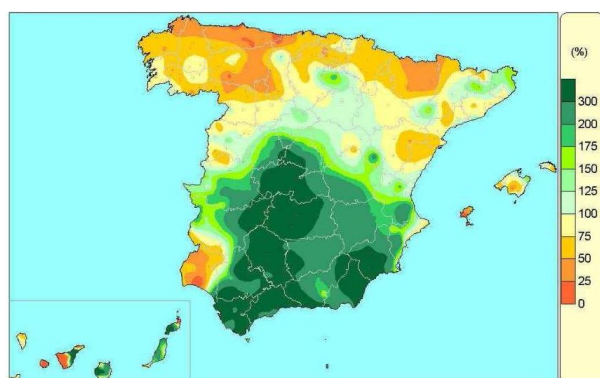
tats, els globus de nivell constant o els sondatges extraordinaris) que s'activen per demanda, durant o en relació a períodes curts (d'un o pocs dies de durada) anomenats IOP (*Intense Observation Periods*, Períodes d'Observació Intensiva). A més, cada IOP es refereix a un o diversos llocs especials (*sites*) sobre els quals es centra particularment part de l'esforç observacional. Per tant, dins cada àrea seleccionada (TA) i per a cada SOP hi ha una sèrie de llocs especials (*sites*) predeterminats.

El primer SOP de HyMeX, HyMeX-SOP1, va tenir lloc entre el 5 de setembre i el 6 de novembre de 2012. Els fenòmens sobre els quals es focalitzava el SOP1 eren les pluges fortes, incloses les inundacions sobtades relacionades, i les pluges orogràfiques, tot i que també es va considerar algun episodi de vent fort. L'àrea geogràfica triada era la Mediterrània nord-occidental (*NW Med TA*). Dins d'aquesta àrea, els llocs terrestres predeterminats, per a centrar-hi part de l'esforç observacional, eren Catalunya (CA), València (VA), Illes Balears (BA), Cévennes-Vivarais (CV), Còrsega (CO), Liguria-Toscana (LT) i Itàlia Central (CI). Es va incloure, també, Itàlia Nord-est (NEI), tot i quedar, en principi, fora de la *NW Med TA* (vegeu Figura 1).

Des del punt de vista climatològic, a la Mediterrània nord-occidental, la tardor, i, més específicament, els mesos



**Figura 1.** Àrees seleccionades (“Target Areas”, TA) per a les campanyes experimentals (SOP) de HyMeX i llocs preferents (“sites”) per a ser especialment documentats. La TA triada per al SOP1 va ser la “NW Med TA” i els llocs terrestres preferents en territori espanyol eren Catalunya (CA), València (VA) i Illes Balears (BA) (Ducrocq et al., 2010).



**Figura 2.** Anomalia de la precipitació acumulada el setembre de 2012, en % respecte de la mitjana 1971-2000, segons AEMET. Un superàvit molt notable, fins i tot per damunt del 300%, cobreix bona part del sud i centre de la Península Ibèrica i s’estén per part de la regió de València (AEMET, 2012a).

de setembre i octubre, és l’època amb major probabilitat d’episodis de pluja intensa i inundació sobtada (Martínez et al., 2008; Llasat et al., 2010, 2013; Ramis et al., 2013). D’aquí la congruència de la selecció d’àrea, tipus de fenomen preferent i període per al SOP1.

Com ja ha estat dit i com es pot veure en detall a Ducrocq et al. (2013), durant el SOP1 van estar desplegats una sèrie de mitjans observacionals extraordinaris permanents o semipermanents. Aquests mitjans estaven concentrats sobre els llocs preferents, molt especialment sobre CV i, també, sobre CO i CI. Als llocs preferents espanyols no hi ha havia mitjans extraordinaris permanents o semipermanents

desplegats, si exceptuem una base de llançament de globus de nivell constant i una estació RAMAN-LIDAR (per a obtenció de perfils de vapor d’aigua i aerosols), situades ambdues instal·lacions a l’illa de Menorca. Però cal dir que a alguns mitjans d’observació operatius (com radars o estacions meteorològiques de superfície, tant de l’Agència Estatal de Meteorologia -AEMET- com del Servei Meteorològic de Catalunya -SMC-) se’ls va donar una difusió que normalment no tenen, per a ser utilitzats fins i tot en temps real i per a assimilació als models numèrics.

També hi havia mitjans, especialment avions instrumentats i globus de nivell constant, que sols s’activaven sota demanda per a determinats IOPs. Val a dir que d’avions instrumentats, n’hi havia dos de francesos (de SAFIRE), amb base a Montpeller, i un d’alemany, amb base a Còrsega. La base de llançament per als globus de nivell constant era a Menorca, com hem dit. Amb aquests globus s’obtenien mesures de temperatura, pressió, humitat i vent al llarg de la trajectòria, gairebé horitzontal i lliure. Quant als avions francesos, que són els que van realitzar vols sobre territori de Catalunya, València, Balears o les proximitats, eren l’ATR42 i el Falcon F20. L’ATR42, de baixa cota, estava dotat d’una sèrie d’instruments, que, a més dels paràmetres bàsics (temperatura, pressió, humitat i vent), permetien mesurar turbulència i fluxos i també distribució de partícules sòlides i líquides de diversos rangs de mida, incloses les relacionades amb la microfísica de núvols. L’avió també estava dotat amb un LIDAR LEANDRE, per a obtenir perfils cap a baix de vapor d’aigua i partícules. Quant al F20, d’alta cota, a part d’instrumentació bàsica, duia un radar RASTA, per a obtenir perfils verticals, de dalt a baix, de reflectivitat i vent doppler, i també instrumentació per a la microfísica de núvols. A més,



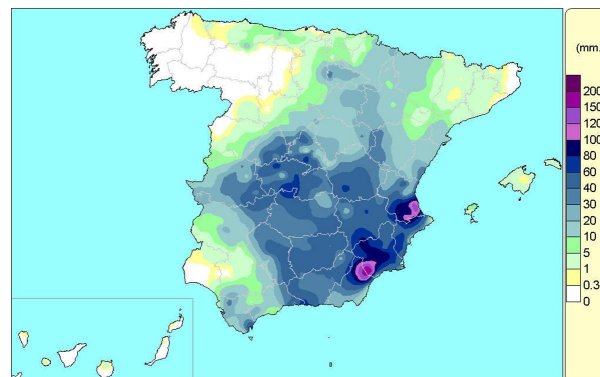
**Figura 3.** Anomalia de la precipitació acumulada l'octubre de 2012, en % respecte de la mitjana 1971-2000, segons AEMET. El màxim aquest mes, amb més del 300%, correspon a la vall de l'Ebre. També a Catalunya i Mallorca hi ha pluges clarament més abundants que la mitjana climatològica (AEMET, 2012b).

estava dotat d'equipament per a la realització de sondejos descendents (dropsondes).

Finalment es feien sota demanda radiosondatges extraordinaris des d'una sèrie d'estacions operatives, d'acord amb la filosofia del *data targeting* (DT), ja emprada a projectes com MEDEX. Com a MEDEX, aquesta campanya DT de sondatges va ser sufragada per EUMETNET-EUCOS i va emprar el sistema DTS del Centre Europeu - Met office (Jansà et al., 2011). Les estacions de radiosondes participants en aquest aspecte de la campanya havien estat seleccionades prèviament. En total (Europa i illes atlàntiques) s'havien triat 29 estacions. D'entre les radicades en territori espanyol se'n van seleccionar cinc d'AEMET (Corunya, Madrid, Múrcia, Palma i Tenerife) i la del SMC (Barcelona). A la secció 4 s'especifiquen quins sondejos extraordinaris es van fer des d'aquestes estacions en els dies de més interès per a zona i en el dia o dies precedents.

S'ha d'entendre que el fet que en aquest article sols es detallin els mitjans extraordinaris d'observació desplegats sobre territori espanyol o des de territori espanyol no vol dir que els altres mitjans no siguin importants per a la investigació dels episodis aquí considerats, que són els que han afectat Catalunya, València, les Balears i algunes altres regions espanyoles.

Per a analitzar les situacions meteorològiques d'interès, per a controlar el funcionament dels sistemes, per a activar sistemes sota demanda i per a anunciar, declarar i tancar IOPs, feia falta un Centre d'Operacions del SOP (Quintana et al., 2012; Ducrocq et al., 2013). De fet van estar en marxa permanentment un Centre d'Operacions Principal, radicat a la Grande Motte, prop de Montpeller, on hi havia el cap científic i el cap d'operacions del SOP, designats per períodes parcials, i dos Centres Secundaris, radicats a la seu d'AEMET a les Illes Balears, a Palma, i a la ciutat italiana de L'Aquila. A més, hi havia centres complementaris a San Giuliano (Còrsega), Toulouse i



**Figura 4.** Anàlisi AEMET de precipitació, des de 06 UTC del 28 de setembre de 2012 fins 06 UTC del dia 29 (dades provisionals d'estacions automàtiques).

Menorca. Tots aquests centres estaven enllaçats per videoconferència (amb un *briefing* diari, inclosos dissabtes i diumenges, i ocasionalment dos o més). Durant una part del SOP també hi va haver un enllaç diari amb la seu d'AEMET a Madrid, per a mantenir contacte i col·laboració entre HyMeX i l'experiment d'AEMET sobre nowcasting de fenòmens meteorològics severos. El Centre Secundari de Palma va mantenir una vigilància especial sobre els llocs preferents propers (Catalunya, València i Illes Balears), amb extensió ocasional a la resta d'Espanya, incloent suggeriments i orientacions sobre exploracions mitjançant avions o globus. També va tenir un paper rellevant en l'activació dels radiosondatges del sistema DTS (*data targeting system*). Per això, per a la sessió de *debriefing* del SOP1 se'ns van encarregar resums sobre els casos que havien afectat Espanya (Jansà, 2013) i sobre els radiosondatges (Campins, 2013).

Per a facilitar el briefing diari i el seguiment de les situacions en temps real es va construir i posar a disposició un web que contenia informació sobre dades, discussions i decisions, a més de resultats d'una àmplia selecció de models numèrics de predicció meteorològica (35 models), hidrològica (3 models) i oceànica (3 models), facilitats per les institucions participants. Quant a models meteorològics, el SMC va contribuir amb el WRF-ARW M-CAT de 12 km de resolució horitzontal i el WRF-ARW M-CAT de 4 km. AEMET va posar a disposició el HIRLAM de 5 km i la predicció per conjunts AEMET-SREPS. Cal mencionar el model AROME WMED, 2,5 km, de Météo-France, adaptació a la Mediterrània occidental de l'AROME-France ordinari, amb assimilació experimental de dades de superfície complementàries i de radars.

L'objectiu d'aquest article és donar compte dels principals episodis de pluja forta (i vent fort) que van afectar el territori espanyol (particularment els llocs preferents) durant l'HyMeX-SOP1, amb indicació d'algunes de les seves característiques, de les observacions extraordinàries realitzades i d'algunes qüestions que aquests casos tal vegada deixen plantejades. La finalitat és interessar a la comunitat científica

**Taula 1.** Llista de casos d'interès (amb precipitació superior a 60 mm dia<sup>-1</sup>). Des de 07 UTC del dia indicat (aaaammdd) fins a 07 UTC de l'endemà (la pluja màxima, tercera columna, es refereix a aquest període, en general). Si hi ha IOP establert a CA, VA o BA s'indica la zona o zones afectades. Entre parèntesis els IOP definits sols per a zones de França o Itàlia. SW vol dir vent fort. Dades arxivades al banc de dades climatològiques d'AEMET. Bnn indica el globus a nivell constant numerat nn. ATR42 és l'avió ATR42 de SAFIRE, en cota baixa o mitjana. F20 és el Falcon-20 de SAFIRE, en cota alta. Els episodis amb asterisc es comenten a la Secció 4.

Dia pluviomètric	IOP - àrees	Precipitació màxima - àrea	Notes i operacions (àrea)
20120912*	(IOP2)	65,2-CA	Front fred actiu a CA-BA, inundacions locals, tornado a BA
20120923	(IOP5)	(72,5-Pirineus)	
20120927*	(IOP7b)	(245,0-Andalusia)	Inundacions
20120928*	IOP8-VA-CA-BA	188,9-VA, (241,6-Andalusia, 204,2-Múrcia)	Inundacions (Múrcia), Tornado a VA, ATR42 (BA), F20 (VA), B20 (BA, molt curt)
20120929*	IOP8-VA-CA-BA	114,2-CA, (143,0-Andalusia)	
20121012*	IOP12b-BA	132,0-BA, 120,5-VA	Ratxes fortes i inundacions a BA, F20 (BA)
20121014	(IOP13)	82,6-BA	
20121018	(IOP14)	(130,0-Aragó, 113,4-Centre peninsular)	
20121019*	(IOP14)	(234,0-Pirineus-Aragó)	Inundacions (Pirineus - Aragó)
20121020*	IOP15a-VA-CA-BA	140,0-VA, 121,2-CA, (141,0-Pirineus-Aragó)	ATR42 (BA), F20 (CA), B23 (CA)
20121024		(84,0-Andalusia)	
20121025*	IOP16a-CA	145,0-CA, (181,5-Andalusia)	Inundacions locals CA, després SCM prop de CA, B26 (CA, nit 25 a 26), ATR42 (CA-BA, nit 25 a 26)
20121027*	(IOP16bSW), (IOP16c)	88,5-BA. (95,0-Andalusia)	Front fred actiu, seguit de vent fort CA-BA
20121028*	(IOP16bSW), (IOP16c)	(107,0-Andalusia)	Front fred actiu, seguit de vent fort CA-BA
20121030*	IOP18-CA-BA + SW-BA	96,8-CA	B13 (CA), B31 (CA)
20121031*	IOP18-CA-BA + SW-BA	88,0-CA	Cicló amb fort vent a BA

en l'estudi i utilització d'aquests casos, per treure profit de la disponibilitat de dades i de les sinergies que el marc HyMeX sens dubte proporciona. A la secció 2 es fa un breu balanç del que van ser els mesos de setembre i octubre de 2012 des del punt de vista climàtic. La secció 3 presenta una llista de casos. La secció 4 està dedicada a revisar succintament alguns d'aquests casos. I la secció 5 fa una valoració final i deixa obertes algunes qüestions.

## 2 Balanç climatològic de setembre i octubre de 2012

En relació als objectius plantejats en el SOP1 de HyMeX, el comportament climàtic del mesos de setembre i octubre de 2012 s'ha considerat, en conjunt, bastant favorable, si bé el setembre ha resultat menys actiu que l'octubre i el principi de novembre (Ducrocq et al., 2013).

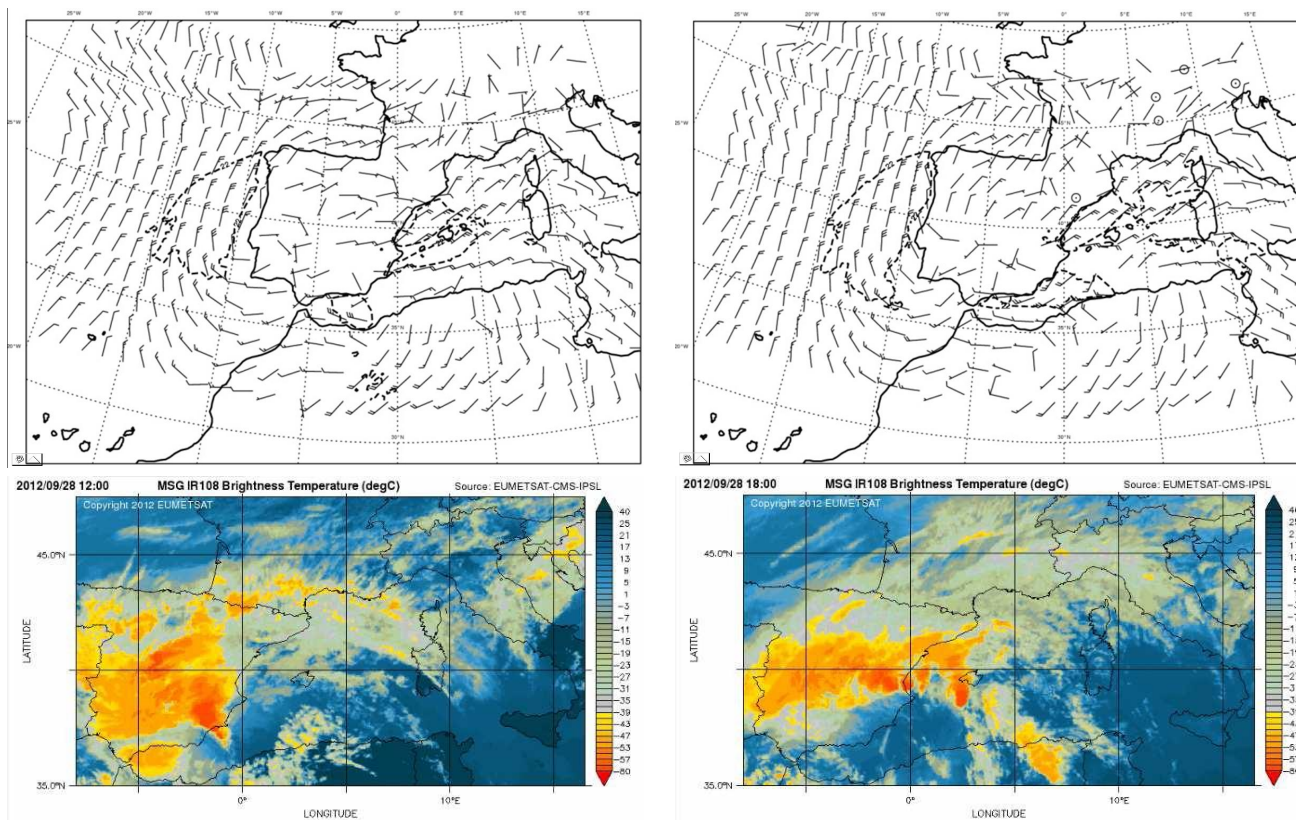
Pel que fa als territoris espanyols, podem emprar els resums climatològics que publica AEMET (AEMET, 2012a, 2012b) per a particularitzar el balanç general de la campanya.

Les Figures 2 i 3 mostren, en concret, les anomalies mensuals de precipitació, el setembre i l'octubre. Els primers dies de novembre no van tenir episodis significatius per a les nostres zones d'interès.

En el conjunt d'Espanya les pluges han estat molt importants en aquests dos mesos, molt clarament per damunt de la mitjana, tot i que cal advertir que les anomalies positives més importants (Andalusia, Múrcia i centre de la Península el setembre i vall mitjana de l'Ebre, fins als Pirineus aragonesos, l'octubre) no són dins de l'àrea de màxim interès per al SOP1 de HyMeX. Com es comenta als resums d'AEMET, aquests màxims tan importants són, en gran part, resultat de dos episodis singulars, el 27-29 de setembre, afectant sobretot Màlaga i Múrcia, i el 19-20 d'octubre, afectant la vall de l'Ebre. La resta de cada un dels mesos ha estat poc productiva quant a pluges fortes, en particular el setembre.

Crida l'atenció que la regió que tradicionalment acumula les pluges més fortes, que és el del sud de València i nord d'Alacant (Safor i Marina Alta) (Font, 1983; Ramis et al., 2013) aquest any presenta dèficit, particularment l'octubre. Han faltat, doncs, els episodis de grans pluges





**Figura 5.** Anàlisi de vent a 10 m (dalt), segons el HIRLAM-0,05 d'AEMET, del dia 28 de setembre de 2012 a les 12 UTC (esquerra) i a les 18 UTC (dreta), mostrant una zona de convergència, primer sobre Múrcia i després sobre el sud de València i de les Balears, a la qual s'associa convecció més o menys organitzada (baix), segons MSG-IR-10.8 (Eumetsat). La línia discontinua a les anàlisis de vent tanca les àrees on el vent (sostingut) és superior a 25 kts.

més emblemàtics, però hi ha hagut prou abundància i varietat d'episodis. Així que es pot parlar, per a nosaltres, de condicions bastant favorables.

### 3 Llista de casos d'interès

S'especifiquen a la Taula 1 els casos més interessants que han afectat Catalunya (CA), València (VA) i les Illes Balears (BA) i també algunes altres zones properes del territori espanyol (entre parèntesis a la Taula 1).

En relació a aquesta taula, val a dir que les quantitats màximes de precipitació indicades són les que han quedat arxivades al banc de dades climatològiques d'AEMET.

Quant a les operacions destacades, només es relacionen els vols de globus de nivell constant o avions SAFIRE si han transcorregut prop d'alguna de les nostres zones seleccionades (CA, VA, BA). En el cas dels globus, aquest criteri es refereix sols a la part final del vol, ja que la part inicial és sempre dins la zona BA, pel fet que la base de llançaments era Menorca. Pel que fa a radiosondatges extraordinaris de tipus DTS, n'hi va haver tots els dies indicats a la taula, a les 06 o a les 18 UTC, d'acord amb les especificacions que s'indiquen als apartats corresponents de la secció 4.

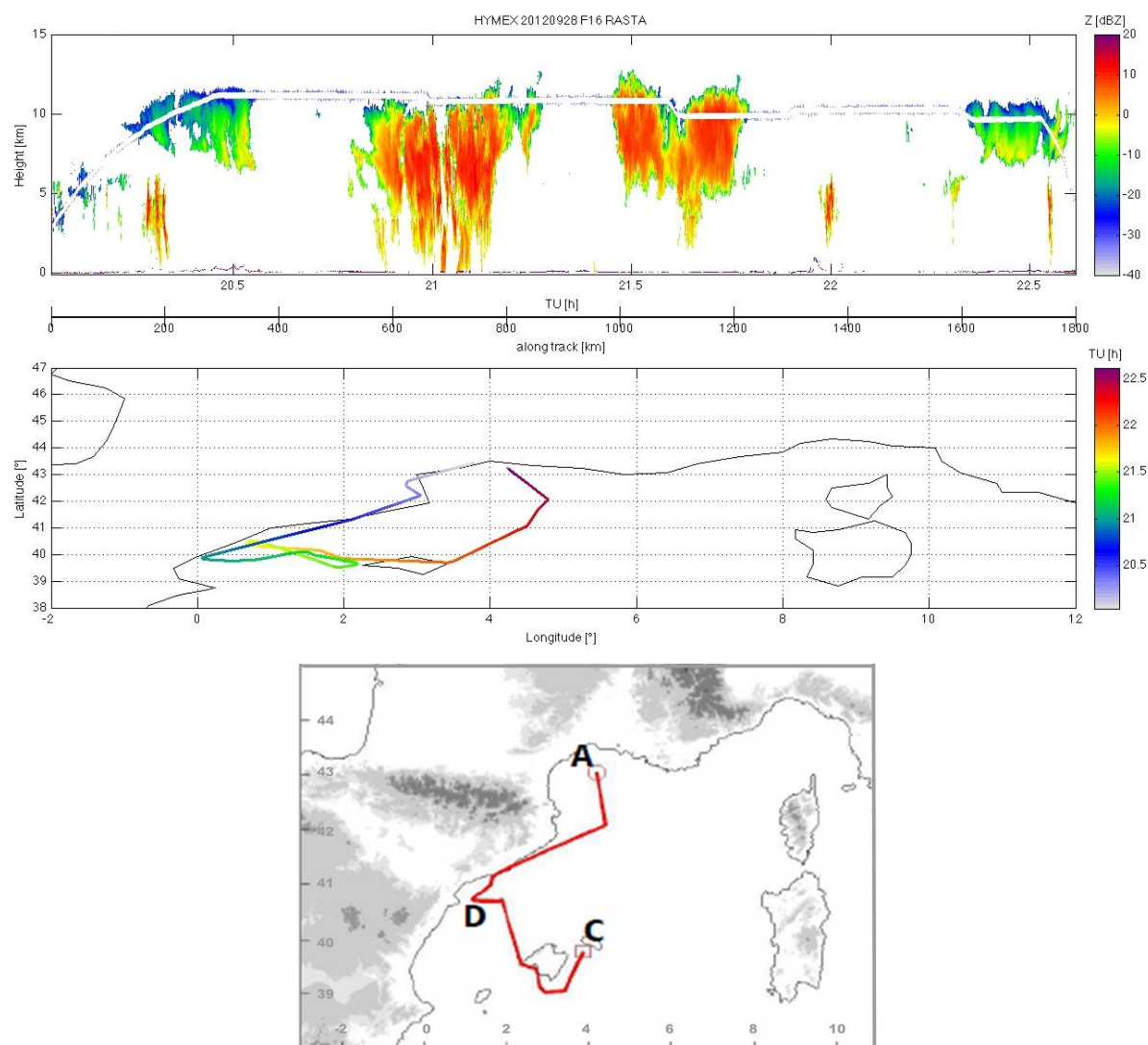
A continuació comentarem molt breument la majoria de les situacions indicades a la Taula 1.

## 4 Comentaris sobre les situacions d'interès

### 4.1 Situació del 12 de setembre de 2012

Es van produir pluges relativament importants a Catalunya i les Balears (fins a 65 mm a Catalunya, concretament a l'Estartit, i fins a 42 mm a les Balears, a Lluç), amb inundacions locals a Catalunya. Van ser pluges de tipus convectiu, associades a un front fred actiu, amb força severitat. Cal destacar en aquest sentit un tornado, possiblement F1 o fins i tot F2, a Lluç, coincidint amb el màxim de pluja. Hi va haver danys importants i evacuació de persones. Per casualitat aquest tornado va passar molt a prop de l'estació meteorològica d'AEMET a Lluç, de manera que en va quedar un enregistrament parcial, amb una ratxa màxima de vent de  $148 \text{ km h}^{-1}$ .

No hi havia IOP declarat per a la regió, encara que sí per a NEI (Nord-est d'Itàlia). El dia 12 es van fer sondejos extraordinaris (DTS) a les 06 UTC, a Corunya i Madrid. El dia 11 se n'havia fet un a les 18 UTC a Madrid.



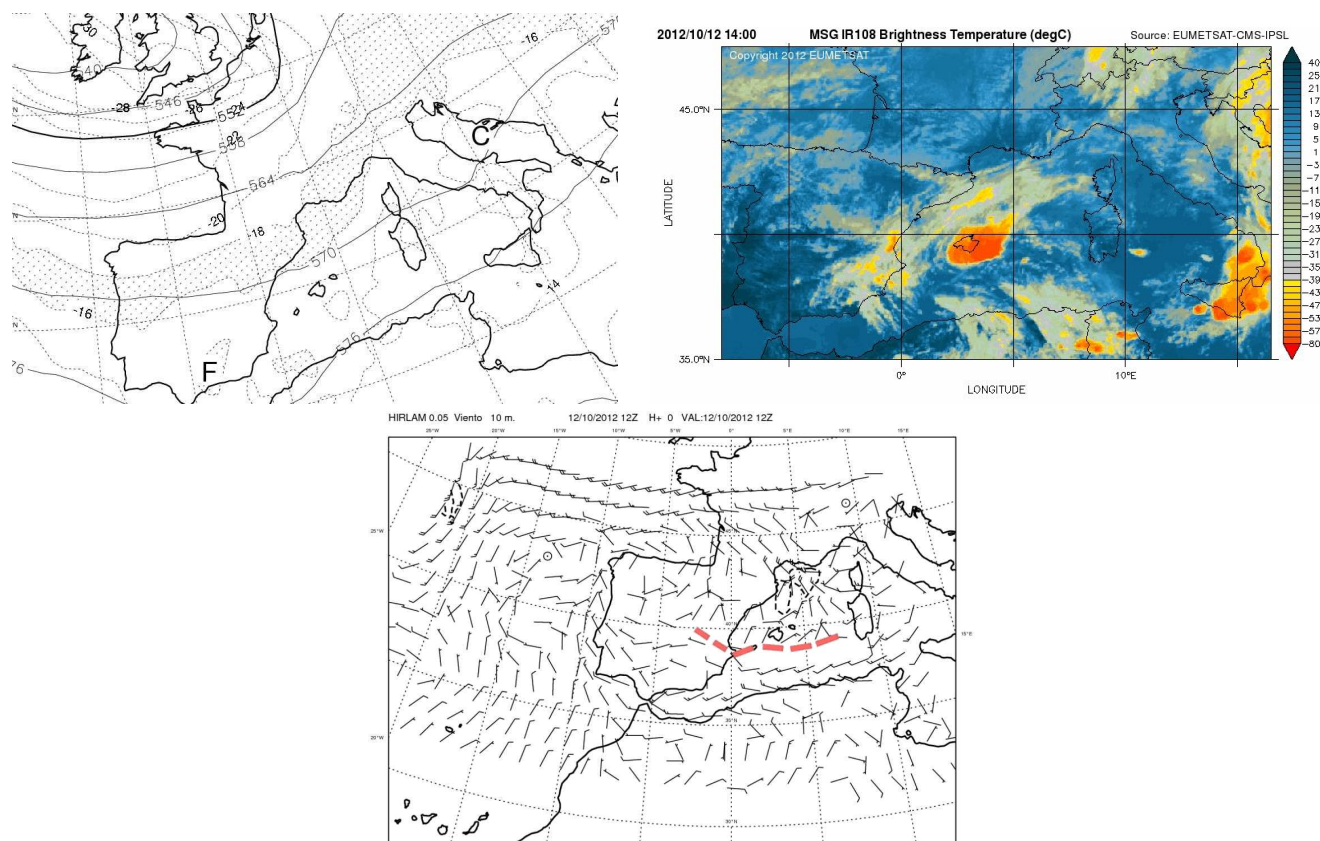
**Figura 6.** Trajectòria de l'ATR42 entre les 17:52 i les 20:16 UTC del dia 28 de setembre de 2012, amb sortida des de Menorca (tercera) i reflectivitat del radar RASTA aerotransportat (primera) i trajectòria (segona) del F20, entre les 19:58 i les 22:44 UTC del dia 28 (dades facilitades per SAFIRE i LATMOS, procedents de la pàgina específica web oberta per al SOP1 de HyMeX).

#### 4.2 Situació del 27 al 29 de setembre de 2012 (IOP8)

Aquesta situació és la més important de les que van afectar territoris de l'estat espanyol durant el SOP1. Aquesta situació inclou l'IOP8, que és un dels tres IOP seleccionats per a una anàlisi inicial dins de l'article que resumeix el SOP1 des d'un punt de vista internacional (Ducrocq et al., 2013). La situació va començar dins del dia pluviomètric 27 de setembre, per la regió d'Andalusia, situada al sud de la Península Ibèrica. El màxim enregistrat és de 245 mm (a Al-pandeire, concretament, situat a l'interior de la província de Màlaga, al centre/sud d'Andalusia). En aquells moments hi havia un IOP declarat, l'IOP7b, però que no feia referència al sud d'Andalusia, no perquè no s'hi esperessin pluges fortes, sinó perquè era una zona ben allunyada de la zona sota vigilància del SOP1. Els dies 28 i 29, en canvi, sí que es-

tava declarat IOP a la regió (l'IOP8), concretament per a VA, CA i BA. De fet hi va haver pluges importants, per damunt de 100 mm, a València el dia 28 i a Catalunya el dia 29, tot i que les més importants van ser a Andalusia (242 mm a Huércal, província d'Almeria, just al sud-est d'Andalusia) i a Múrcia (regió situada entre Andalusia i València). Concretament a Puerto Lumbreras es van enregistrar 204 mm, amb màxima intensitat cap a migdia del dia 28 (fins 27 mm en 10 minuts). A les Balears no es va produir pluja forta. La Figura 4 mostra l'anàlisi pluviomètrica d'AEMET per al dia 28 (dia pluviomètric). El màxim de València el dia 28 és a l'aeroport, amb 189 mm.

La situació, dia 27 inclòs, ve definida per una depressió aïllada en nivells alts (DANA), que es desprèn de la circulació general cap al sud de la Península Ibèrica, dia 27, i després es va movent cap al nord-est, fins al golf de Lleó



**Figura 7.** Anàlisis HIRLAM-AEMET, dia 12 d'octubre de 2012 a les 12 UTC (esquerra), de geopotencial i temperatura a 500 hPa (dalt) i de vent a 10 m (baix), mostrant una zona de convergència (línia de color). A dalt a la dreta es pot veure la situació del sistema convectiu a les 14 UTC, MSG-IR-10.8 (Eumetsat).

(dia 29). En associació amb aquesta pertorbació en nivell alt, a nivells baixos es forma una zona depressionària i de convergència, també mòbil, on la convecció es va regenerant contínuament. El dia 28 cap a migdia la convecció està molt organitzada i és visible un sistema convectiu de mesoscala, amb típica forma de “V”, sobre la regió de Múrcia. Més tard, quan la zona pertorbada arriba cap a València i les Balears, en una localització apropiada per a ser explorada pels avions d'investigació, la convecció, encara que presenta organització lineal, no és tan compacta com hores abans, tot i que encara es produeixen pluges fortes a València i a la mar (vegeu la Figura 5). El darrer dia, dia 29, hi ha pluges importants a Catalunya, fins a 114 mm (Vilanova de Sau, província de Barcelona), però sense intensitats extremes.

Dia 28 de setembre de 2012, cap a darreres hores, es van fer esforços observacionals importants a la zona amb IOP activat (VA, CA, BA). La Figura 6 mostra les trajectòries dels avions de SAFIRE, ATR42 (entre les 17:52 UTC i les 20:16 UTC, amb sortida de Menorca) i F20 (entre les 19:58 UTC i les 22:44 UTC), amb la pertorbació situada cap a València i les Balears. L'ATR42 explorava el corrent d'alimentació de la convecció i havia tingut un primer trajecte entre Montpeller (sud de França) i Menorca. El Fal-

con F20 va realitzar set dropsondes a la zona convectiva i pròxima i va explorar aquesta zona *in situ*, amb la instrumentació que s'ha citat a la Introducció.

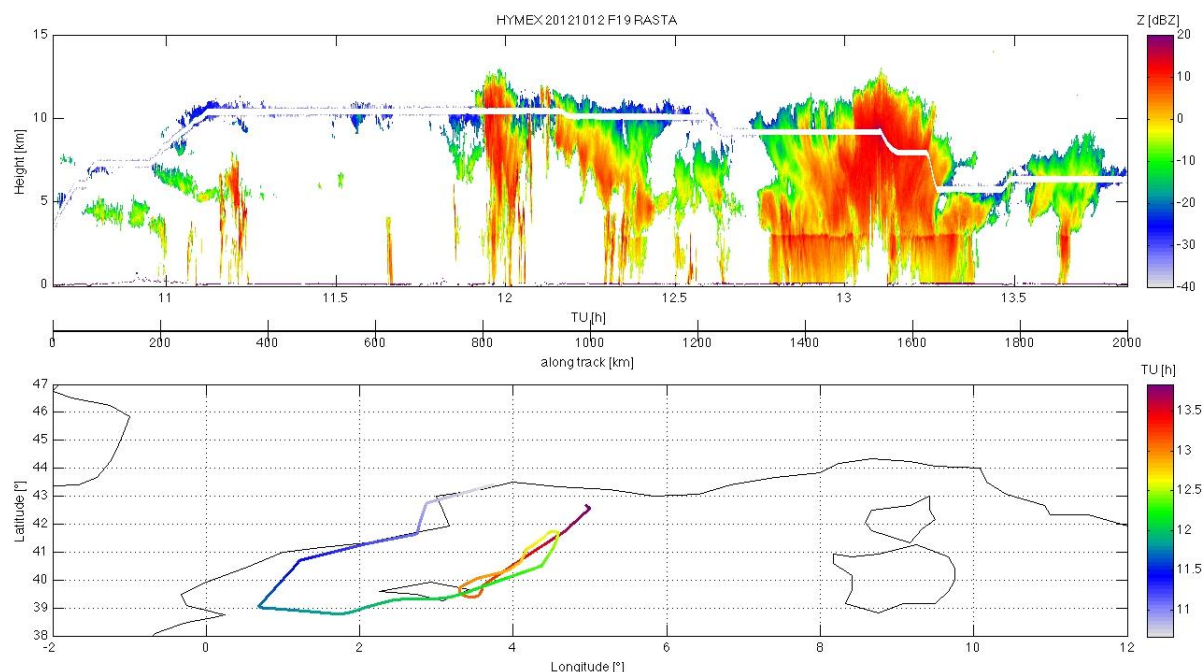
Un globus de nivell constant, el B20, va ser amollat des de Menorca, partint amb direcció a València, però el seu vol es va haver d'interrompre abans d'entrar a Mallorca, perquè els sobrevols de zona habitada no estaven autoritzats, excepte a la sortida del globus.

El dia 29 no hi va haver observacions amb globus de nivell constant o avions a CA-VA-BA.

En relació a radiosondejos extraordinaris (DTS), n'hi va haver des del dia 25 a les 18 UTC, fins al dia 29 a les 18 UTC, a les 06 UTC i a les 18 UTC. Barcelona i Múrcia van fer tots els llançaments esmentats, Corunya no va fer els del dia 29, Madrid no va fer els del dia 26 a les 18 UTC i dia 27 a les 06 UTC i Palma no va fer els dos primers (25 a les 18 UTC i 26 a les 06 UTC). Tenerife va fer tots els sondejos extraordinaris des del dia 26 a les 18 UTC fins al dia 28 a les 18 UTC. Total, 44 sondejos extraordinaris fets per a aquest episodi.

Quant a impactes socials, l'episodi complet va ser prou colpidor. Segons informacions de premsa, entre Andalusia i Múrcia hi va haver 13 morts i centenars de desplaçats.





**Figura 8.** Vol del Falcon F20, entre les 10:30 i les 14:00 UTC del dia 12 d'octubre de 2012. Trajectòria (baix) i reflectivitat RASTA (dalt) (dades facilitades per SAFIRE i LATMOS, procedents del lloc específic web obert per al SOP1 de HyMeX).

Els danys van superar els 120 milions d'euros, per inundacions, amb afectació de ponts i carreteres, etc. El cabal del riu local va créixer a Puerto Lumbreras, Múrcia, des de quasi zero a més de  $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . En aproximar-se la pertorbació a la zona de València els vents eren prou importants com per provocar problemes marítims, com la varada d'alguns vaixells. Hi va haver, a més, un tornado, afectant instal·lacions recreatives a Gandia (València).

#### 4.3 Situació del 12 d'octubre de 2012 (IOP 12b)

Aquesta situació, que és de curta durada, va donar lloc a l'activació d'un IOP per a les Illes Balears, IOP12b, amb observacions especials. Tot i que es pot reconèixer un tàlveg dèbil en nivells alts i una línia de convergència, poc marcada, en nivells baixos (vegeu Figura 7), els forçaments no eren molt importants, però devien resultar prou ben combinats perquè els models d'alta resolució (no mostrats) indiquessin la formació d'un sistema convectiu, amb pluja intensa, a les Balears. De fet aquest sistema es va formar (Figura 7) i va donar lloc a convecció severa sobre Mallorca i a les proximitats, amb pedra, vent fort i pluja forta. L'estació de Sineu d'AEMET, situada cap al centre geogràfic de l'illa, va enregistrar ratxes de vent sobtades de  $107 \text{ km h}^{-1}$  i una precipitació de 132 mm, 36 dels quals van caure en tan sols deu minuts.

Posteriorment es van formar altres nuclis convectius importants, un dels quals va afectar València, amb una precipitació màxima de 121 mm a Tavernes de Valldigna (a prop de la costa, 40 km al sud de la ciutat de València).

El sistema convectiu de les Balears va ser detalladament explorat pel Falcon F20 de SAFIRE, entre les 12 UTC i les 14 UTC, quan encara era sobre les Illes (vegeu Figura 7 i Figura 8). A part de les mesures *in situ* i per radar (RASTA) es van amollar diversos dropsondes.

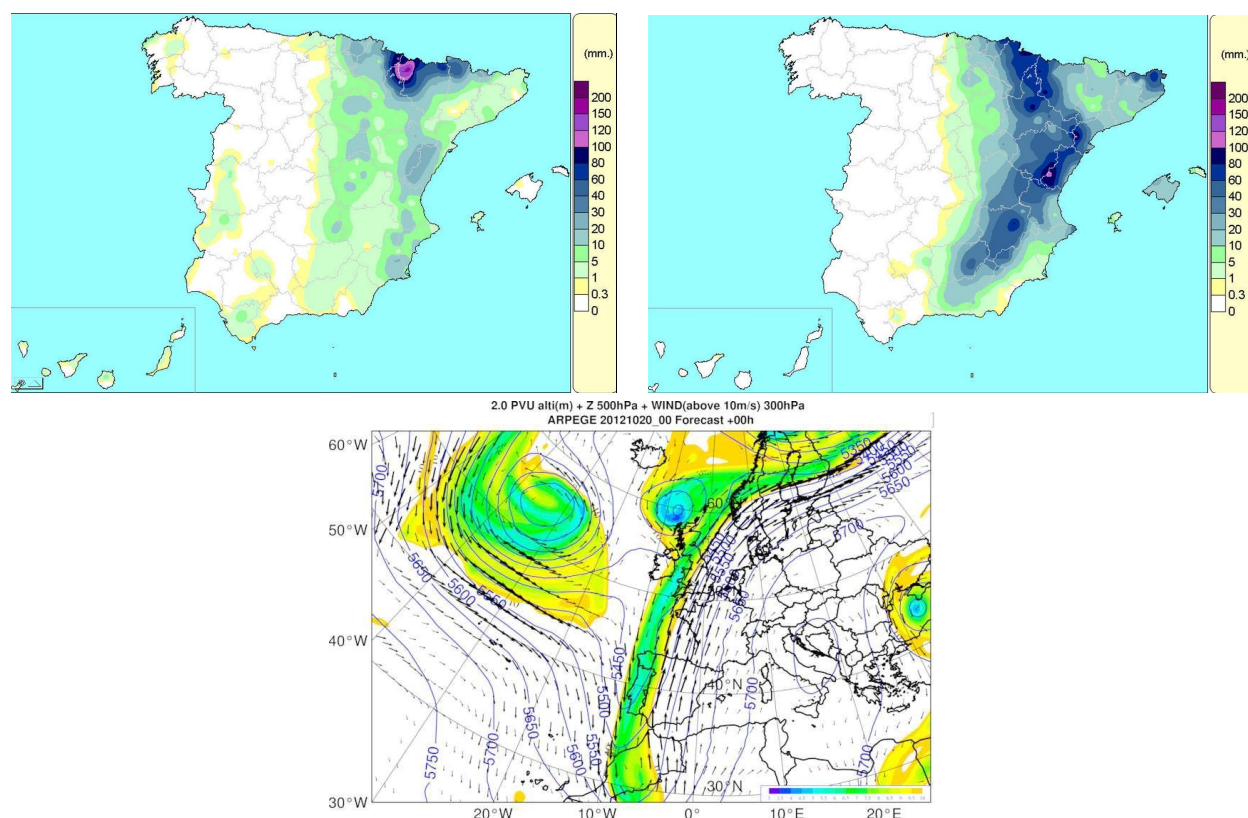
Quant a sondejos extraordinaris DTS, el dia 12 a les 06 no n'hi va haver (des de territori espanyol) i el dia 12 a les 18 UTC n'hi va haver des de Barcelona, Palma i Múrcia. Els dies anteriors (10 a les 18 UTC i 11 a les 06 UTC i 18 UTC) hi va haver un total de 13 sondejos extraordinaris des de Corunya, Barcelona, Madrid, Palma o Múrcia. Naturalment, aquesta informació anterior a l'episodi també és útil per a estudiar-lo.

Hi va haver impactes significatius, com inundacions locals i afectacions per vent, a més d'alteració del trànsit terrestre i aeri; dotze avions van ser desviats de Mallorca a Menorca.

#### 4.4 Situació del 19 i 20 d'octubre de 2012 (IOP15a)

Aquesta situació va començar afectant una regió externa que estava sota vigilància del SOP1 de HyMeX. De fet, el dia 19 d'octubre es van produir pluges molt intenses dins de la part aragonesa i navarresa de la conca de l'Ebre, corresponent les precipitacions més importants a la regió del Pirineu aragonès (Figura 9), on es van enregistrar fins a 234 mm (Canfranc, província d'Osca), amb el resultat de rius desbordats i danys de considerable magnitud, inclosos els desplaçaments de persones.





**Figura 9.** Anàlisi AEMET de precipitació (dalt) per als dies pluviomètrics 19 (esquerra) i 20 (dreta) d'octubre de 2012 (dades provisionals d'estacions automàtiques). Situació en altura dia 20 a les 00 UTC (baix, esquerra), segons anàlisi ARPEGE, concretament es mostren l'altitud de 2,0 PVU per davall de 10 km (color), geopotencial a 500 hPa i vent a 300 hPa (dades facilitades per Météo-France, procedents del lloc específic web obert per al SOP1 de HyMeX).

Segons es pot veure a la Figura 9, la situació meteorològica entre el dia 19 i el dia 20 (dins del dia pluviomètric 19 d'octubre) és propícia a les pluges fortes al Pirineu, amb un tàlveg molt marcat sobre l'oest de la Península Ibèrica i un vigorós flux del sud, plenament travessat a la serralada. Aquesta situació va evolucionar posteriorment cap a la que és més favorable a pluges fortes a Catalunya i també a València i Balears, tendint a tancar-se una baixa freda aïllada en altura, centrada sobre el sud-est de la Península, i a formar-se una depressió en nivells baixos cap a la zona del Mar Balear (Jansà et al., 2001; Campins et al., 2006; Campins et al., 2007; Martínez et al., 2008).

Per aquest motiu es va activar l'IOP15a el dia 20 d'octubre, per a Catalunya, València i les Illes Balears. A part que va continuar la pluja copiosa a zones del Pirineu aragonès (Barbastro, 141 mm), de fet a la Mediterrània hi va haver nuclis de pluja forta -de més de 100 mm- al nord de València i al sud de Catalunya, d'acord amb la Figura 9, amb màxims de 140 mm a Arauel (Castelló) i 121 mm a Horta de St. Joan (Tarragona). A les Balears les pluges no van ser significatives.

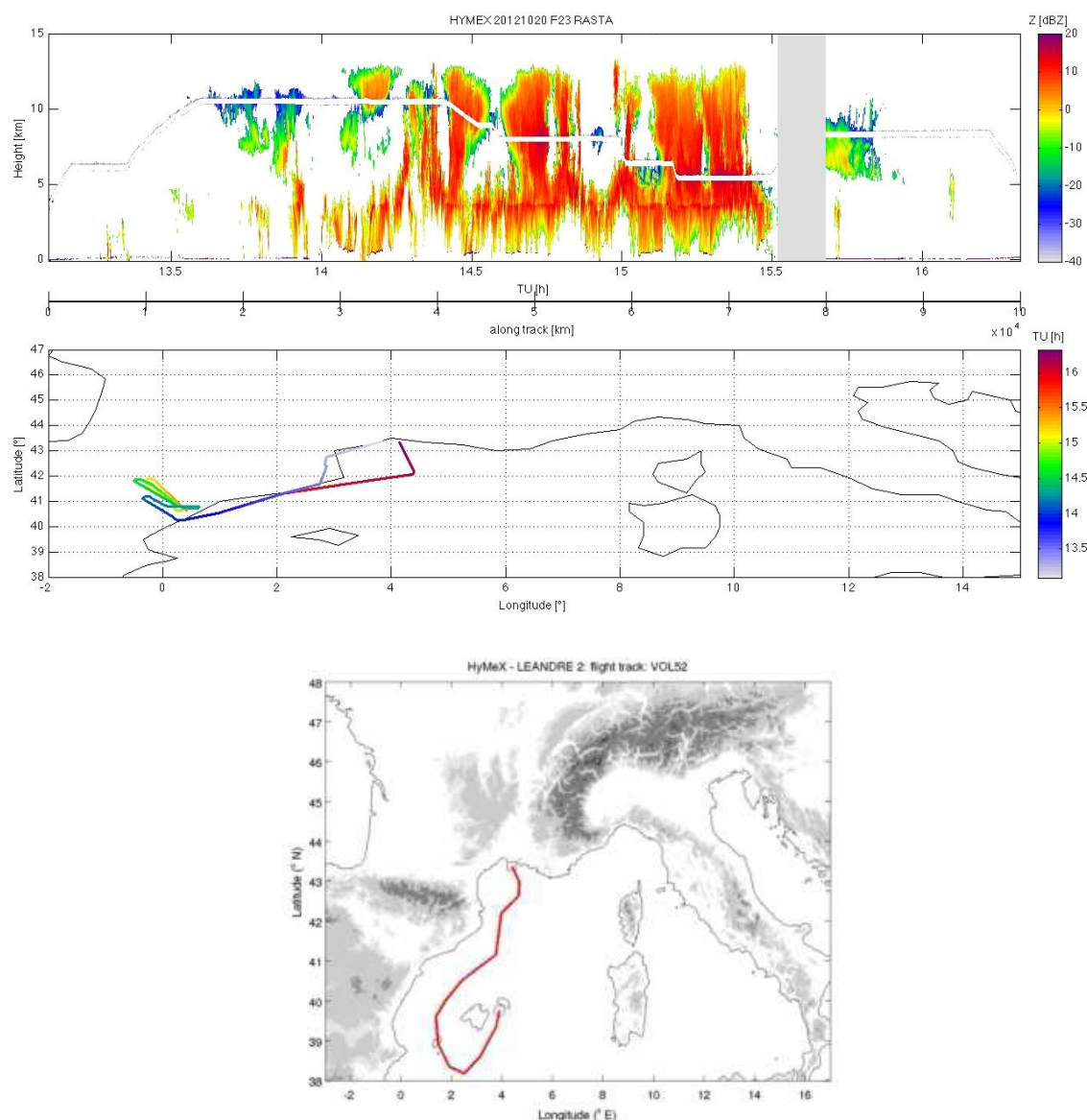
L'ATR42 va explorar la zona d'alimentació de la convecció, el dia 20, des de les 10 UTC fins les 15:20 UTC, de Montpeller a Montpeller, amb escala a Menorca, i el

Falcon F20 va estar prenent mesures dins la zona convectiva del baix Ebre, el mateix dia 20, cap a les 14-15:30 UTC (Figura 10). A més un globus de nivell constant (B23) va fer un vol de Menorca fins a prop de Catalunya, entre les 06:30 i les 12 UTC.

Sondejos extraordinaris des de territori espanyol n'hi va haver el dia 18 a les 06 UTC (Múrcia), el dia 19 a les 18 UTC i el dia 19 a les 06 UTC (Palma i Múrcia), el dia 19 a les 18 UTC i el dia 20 a les 06 UTC i a les 18 UTC (Barcelona, Madrid, Palma i Múrcia).

#### 4.5 Situació del 25 d'octubre de 2012 (IOP16a)

Aquesta situació, inicialment definida per a Catalunya (dia 25), va acabar afectant regions franceses (CV) i italianes (LT) (dia 26), amb quantitats de precipitacions molt importants i sistemes convectius de mesoscala (SCM) molt ben organitzats. Els SCMs estaven sostinguts per un corrent càlid i humit de component sud, com correspon en els casos típics francesos. La causa primera del temps pertorbat era una baixa freda en altura situada sobre la Península Ibèrica, com és habitual (Ducrocq et al., 2008; Jansà et al., 2001; Martínez et al., 2008). L'IOP16a, segurament el més important per a França, és, en qualsevol cas, un dels tres IOPs



**Figura 10.** Trajectòria Montpellier-Menorca, vol 52 de l'ATR42, dia 20 d'octubre, de 10 a 13 UTC (tercera) i vol del F20, entre 13 i 16:20 UTC, el mateix dia 20 (RASTA, primera, i trajectòria, segona) (dades facilitades per SAFIRE i LATMOS, procedents del lloc específic web obert per al SOP1 de HyMeX).

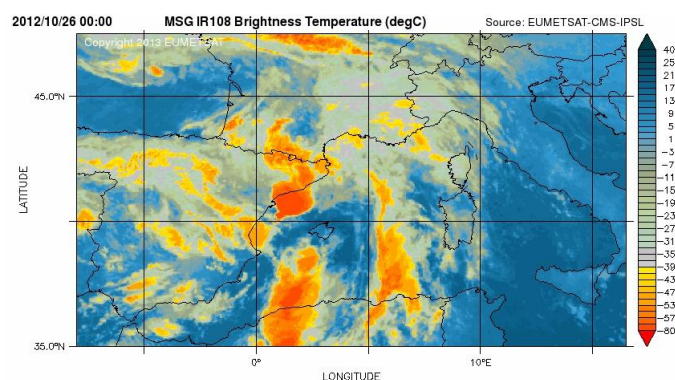
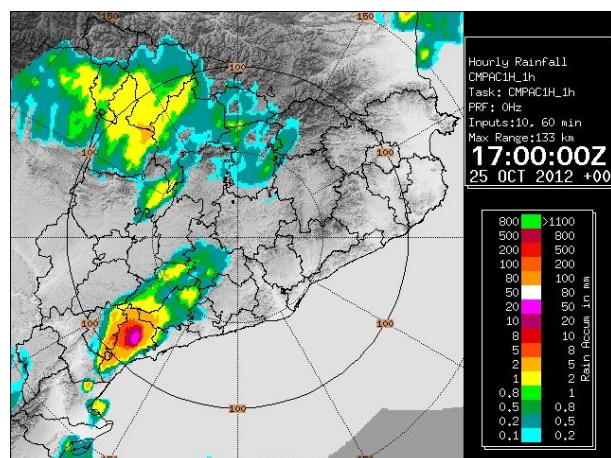
seleccionats per a l'article de recopilació general del SOP1 (Ducrocq et al., 2013).

Els SCMs ben organitzats es van començar a formar tard, cap a mitja nit entre el dia 25 i el dia 26, i no van afectar plenament les terres catalanes. A Catalunya, no obstant, es van produir pluges fortes associades a estructures convectives de dimensions molt menors que un SCM. Entre les estacions d'AEMET destaca Alforja (Tarragona), amb 145 mm (de 07 UTC a 07 UTC). Una estació propera del SCM, Riudoms, enregistra 148 mm entre 00 UTC i 24 UTC, amb màxima intensitat molt abans que es formessin els SCMs, concretament, 51 mm en una hora, entre les 16 i les 17 UTC.

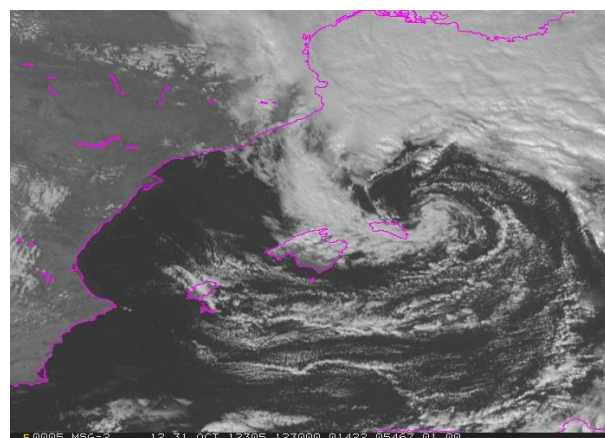
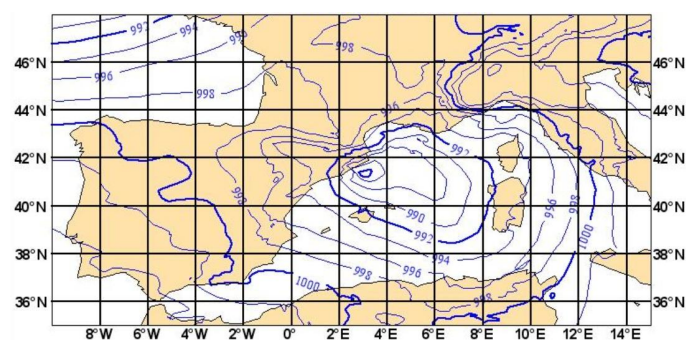
Aquesta pluja forta, ben localitzada als mapes de radar del Servei Meteorològic de Catalunya (Figura 11) no es correspon amb cap estructura extensa a les imatges de satèl·lit, qualificable com a SCM. Les pluges fortes a Catalunya van produir alguna inundació local, no massa important.

Les observacions extraordinàries en avió i globus van estar molt ben planificades per a estudiar la zona d'alimentació dels SCMs en formació i evolució.

Un llarg vol de l'ATR42, amb escala a Eivissa, va tenir lloc en plena nit, a cavall entre el dia 25 i el dia 26, i va recórrer tota la zona marítima i costanera de les Illes Balears



**Figura 11.** Precipitació acumulada en una hora (fins a les 17 UTC del dia 25), segons els radars del SMC (esquerra). El màxim de precipitació observat no està relacionat amb la formació, molt posterior, de SCMs, el primer dels quals és ben visible, front a Catalunya, dia 26 a les 00 UTC (dreta: MSG-IR-10.8, Eumetsat).



**Figura 12.** Previsió H+12 HIRLAM-AEMET de pressió a nivell del mar per al dia 31 d'octubre a les 12 UTC (esquerra) i evidència de la situació del cicló observat dia 31 a les 12:30, MSG-HRVIS (Eumetsat).

i de Catalunya. També va ser nocturn el vol del globus a nivell constant B26, llançat des de Menorca el dia 25 a les 21 UTC i acabat prop de Catalunya el dia 26 a les 03 UTC. De sondejos extraordinaris DTS, n'hi va haver des de totes les estacions, seleccionades en territori espanyol el dia 24 a les 18 UTC i el dia 25 a les 06 UTC i a totes excepte Tenerife el dia 25 a les 18 UTC.

#### 4.6 Situació del 27 i 28 d'octubre de 2012

Per a aquesta situació es va activar un IOP per vent fort (no per pluja forta), concretament l'IOP16b, però els nostres territoris, erròniament, no van ser inclosos en aquesta declaració. De fet, Catalunya i les Balears van resultar afectades per un front fred molt actiu, que va produir pluges fortes el dia 27 (el dia pluviomètric, de fet ja cap al dia 28), amb un màxim de 89 mm a Pollença, Mallorca, Balears. A més, després de la pluja va entrar vent fort de tramuntana,

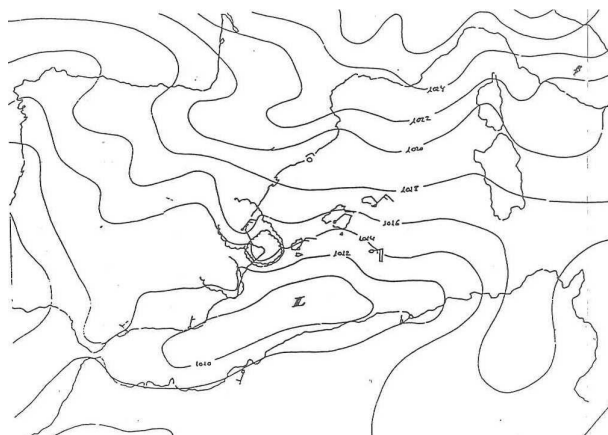
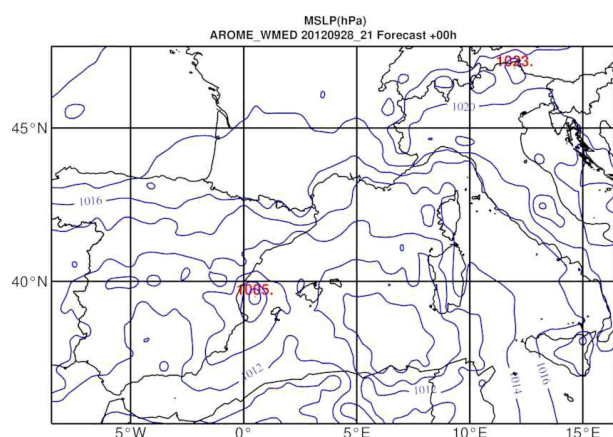
com van entrar, també, el mistral i tramuntana forts en terres franceses.

No hi va haver operacions amb avions o globus de nivell constant als territoris del nostre interès prioritari, però sí sondejos extraordinaris DTS. Concretament, el dia 26 a les 06 UTC i el dia 27 a les 06 UTC a totes les estacions seleccionades, excepte Corunya i Tenerife, el dia 26 a les 18 UTC, a totes les estacions seleccionades excepte Tenerife, i el dia 27 a les 18 UTC, únicament a Palma.

#### 4.7 Situació del 30 i 31 d'octubre de 2012

Amb una baixa freda aïllada en nivells alts sobre la vertical de la Península Ibèrica, induint una ciclogènesi important a la zona entre Catalunya i les Balears, la situació feia pensar en pluges fortes a Catalunya (d'acord amb Jansà et al., 2001; Campins et al., 2007) i vents forts a Balears. Es va activar l'IOP18, per pluja forta a CA i BA i per vent fort a BA.





**Figura 13.** Anàlisi AROME-WMED, el dia 28 de setembre de 2012 a 21 UTC (dades facilitades per Météo-France, procedents del lloc específic web obert per al SOP1 de HyMeX) (esquerra) i anàlisi manual, 4 nov 1987 a 00UTC, dia de pluja rècord a la regió de València, amb indicació del SCM observat (dreta) (Jansà et al., 1991).

Hi va haver punts al nord de Catalunya on es van acumular 110 mm en 24 hores, però no en un dia pluviomètric, sinó a cavall entre dos, el 30 i el 31, de 12 a 12 UTC. En el mateix període es van acumular 60 mm a punts de les Illes Balears. Pel que fa al dia pluviomètric en sí (de 07 UTC a 07 UTC) els màxims de precipitació són de 97 mm, el dia 30, a Blanes, Girona, i de 88 mm, el dia 31, a Vilassar de Mar, Barcelona, segons consta al banc de dades climatològiques d'AEMET.

El cicló que es va formar va ser petit i profund. De fet havia estat previst, per exemple, pel HIRLAM-0.05-AEMET, bastant intens, però amb diferències d'emplaçament en relació a la realitat. A la Figura 12 es veu el cicló previst per HIRLAM-AEMET pel dia 31 a les 12 UTC i la situació, segons imatge de satèl·lit, gairebé el mateix dia a la mateixa hora. El cicló, petit i molt intens, estava a les 12:30 UTC just passant devora Menorca, on la pressió va baixar fins a 986 hPa (una de les pressions més baixes enregistrades a l'aeroport en els quaranta anys de l'observatori), amb un vent sostingut de 39 kts i ratxes de 63 kts ( $117 \text{ km h}^{-1}$ ), també de les més fortes mai observades, sobretot tenint en compte que era vent de ponent.

No hi va haver observacions especials a la nostra zona, excepte sondejos extraordinaris. El dia 30 a les 06 UTC es van fer els darrers finançats per EUMETNET-EUCOS (des de Madrid, Barcelona, Múrcia i Palma). Després el pressupost disponible per a sondejos DTS s'havia esgotat, però hi va haver tres sondejos extraordinaris més a càrrec d'AEMET, a Múrcia (el dia 30 a les 18 UTC i el dia 31 a les 06 UTC) i a Palma (el dia 31 a les 06 UTC).

## 5 Conclusions

El primer que es podria dir, en general, és que el SOP1, en vista de l'interès de les situacions que es varen produir i per la disponibilitat de dades addicionals, és una oportunitat per a provar o posar a punt models numèrics d'alta resolució o altres mètodes o sistemes de predicció.

A part d'això, es revisen alguns dels casos, per a ressaltar algunes qüestions que es poden considerar obertes. La investigació sobre aquestes qüestions (i altres no plantejades) pot il·luminar els processos en joc en cas de pluja forta o vent fort a la Mediterrània.

Pel que fa als territoris espanyols, el SOP1 de HyMeX s'ha trobat i ha documentat una sèrie important d'episodis de meteorologia extrema (pluja forta i també vent fort), tot i que algun dels tipus de situació més clàssics no s'ha presentat. Ha faltat, per exemple, un episodi típic de SCM ancorat sobre la regió valenciana de la Safor i/o Marina Alta, alimentat per un flux de llevant i nord-est de llarg recorregut marítim, conseqüència d'una depressió situada entre la Península, les Balears i la costa africana i bastant estacionària (Rivera i Riosalido, 1986; Jansà et al., 1991; Romero et al., 2000; Jansà et al., 2001). El cas del 28 de setembre podria haver estat d'aquest tipus i el que és interessant ara és estudiar perquè no ho va ser. Creiem poder afirmar que la raó és que, en lloc de formar-se un centre ciclònic al lloc òptim, se'n van formar dos, que a més es movien relativament de pressa. Un dels centres es va situar massa a prop de la regió valenciana, precisament sobre la costa, adveçant aire mediterrani, però de curt recorregut i a més sobre la zona central de la costa del golf de València. L'altre nucli, situat cap al sud-est de les Balears, no podia proporcionar flux d'alimentació

cap a la zona de València, però sí cap a la de Balears. A la Figura 13 es fa una comparació entre la situació del 28 de setembre de 2012 (anàlisi AROME) i la del 4 de novembre de 1987 (anàlisi manual), aquesta darrera amb pluges rècord de més de 800 mm en 24 hores (Ramis et al., 2013). Cal determinar la influència de la distribució particular de centres depressionaris sobre la distribució de pluja i això es pot fer mitjançant l'experimentació numèrica. Una de les qüestions que estarien implícites seria la identificació i, en el seu cas, la quantificació del factor diabàtic en la gènesi del nucli depressioniari costaner. També s'hauria d'estudiar la influència de la situació de la pertorbació en altura en la localització dels centres ciclònics de superfície (Romero et al., 2006).

Experiments numèrics en què es determinin directament els factors de la localització i caracterització del centres bàrics i la seva influència en la distribució de pluja també són interessants per als casos del 12, 20 i 31 d'octubre. Per al dia 12 d'octubre, concretament, és interessant, a més, arribar a comprendre com un forçament aparentment dèbil dona lloc a un SCM ben organitzat i amb notable severitat. El dia 20, d'altra banda, el centre ciclònic en joc sembla ben situat, segons la literatura, per a contribuir a donar pluja forta al sud de Catalunya i al nord de València; els experiments numèrics de sensibilitat ho podrien corroborar. Dit sigui de passada, crida l'atenció una predicció per al dia 21 del model BOLAM-CNR-ISAC (facilitada per Silvio Davolio i no mostrada) que generava un cicló espectacularment petit i intens (un medicane?) a la costa valenciana; aquest medicane (*MEDiterranean hurriCANE*, Emanuel, 2005) no es va produir, però aquesta previsió frustrada posa de manifest la complexitat de les interrelacions pluja/ciclogènesi. La influència del factor diabàtic, entre d'altres, i la relativa inexactitud de les prediccions fa molt interessant l'experimentació numèrica per a esbrinar el mecanisme de formació i la localització de la intensa ciclogènesi del dia 31 d'octubre.

En tots aquests casos, i en els que es puguin dissenyar per a estudiar els fronts freds dels dies 12 de setembre i 27 d'octubre, la disponibilitat de dades addicionals, directament o després de ser incorporades a una reanàlisi afina, podran contrastar millor els resultats del experiments numèrics.

**Agraïments.** Aquest treball és una contribució al programa HyMeX i està en deute amb l'organització HyMeX sencera i les institucions que hi donen suport. Una bona part de la informació aportada procedeix d'AEMET i va estar totalment disponible per als autors durant el SOP1 de HyMeX, en temps real i quasi real, tot i que ha estat posteriorment revisada. Altres dades, mostrades aquí o solament consultades, provenien de diversos organismes, en particular francesos (com SAFIRE - responsable d'avions -, LATMOS/IPSL - responsable del RADAR RASTA - i Météo-France), però també italians i catalans, a través del web que va establir l'HyMeX per a facilitar l'activitat relacionada amb el SOP1. Dades i comentaris relatius a la situació del 25 d'octubre van ser facilitats a posteriori pel Servei Meteorològic de Catalunya (Montse Aran). AEMET va fer possible que durant tot el SOP1 es mantingués una fluida relació per videoconferència entre el Centre Secundari de Palma i el Centre

principal d'Operacions de la Grande Motte. Les converses i discussions amb els responsables científics i d'operacions del SOP1 (en particular Veronique Ducrocq i Evelynne Richard, però no només elles), i també amb els predictors de Météo-France, van ser molt útils per a un seguiment profitós de la campanya. Agraïm, també, les aportacions del dos "referees" anònims, que, sens dubte han contribuït a millorar aquest article.

## Referències

- AEMET, 2012a: Informe Mensual Climatológico - Septiembre 2012, Dpto. Producción, Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, [http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/resumenes\\_climat/mensuales/2012/res\\_mens\\_clim\\_2012\\_09.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/mensuales/2012/res_mens_clim_2012_09.pdf).
- AEMET, 2012b: Informe Mensual Climatológico - Octubre 2012, Dpto. Producción, Área de Climatología y Aplicaciones Operativas, [http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/resumenes\\_climat/mensuales/2012/res\\_mens\\_clim\\_2012\\_10.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/mensuales/2012/res_mens_clim_2012_10.pdf).
- Campins, J., 2013: Radiosoundings (SOP1 and SOP2), HyMeX SOPs' debriefing workshop - 15-17 April 2013, Toulouse, France, [www.hymex.org](http://www.hymex.org) (workshops, SOP\_ debriefing, presentations, Monday).
- Campins, J., Jansà, A., i Genovés, A., 2006: *Heavy rain and strong wind events and cyclones in the Balearics*, *Advances in Geosciences*, **7**, 73–77.
- Campins, J., Aran, M., Genovés, A., i Jansà, A., 2007: *High impact weather and cyclone simultaneity in Catalonia*, *Advances in Geosciences*, **12**, 115–120.
- Drobinski, P., Ducrocq, V., Alper, P., Anagnostou, E., Béranger, K., Borga, M., Braud, I., Chanzy, A., Davolio, S., Delrieu, G., Estournel, C., Filali Boubrahmi, N., Font, J., Grubisic, V., Gualdi, S., Ivancan-Picek, B., Kottmeier, C., Kotroni, V., Lagouvardos, K., Lionello, P., Llasat, M. C., Ludwig, W., Lutoff, C., Mariotti, A., Richard, E., Romero, R., Rotunno, R., Roussot, O., Ruin, I., Santaner, V., Somot, S., Taupier-Letage, I., Tintore, J., Uijlenhoet, R., i Wernli, H., 2013: *HyMeX, a 10-year multidisciplinary program on the Mediterranean water cycle*, *Bull Amer Meteorol Soc*, doi: 10.1175/BAMS-D-12-00242.1.
- Ducrocq, V., Nuissier, O., Ricard, D., Lebeaupin, C., i Thouvenin, 2008: *A numerical study of three catastrophic precipitating events over Southern France. II: Mesoscale triggering and stationarity factors*, *Q J R Meteorol Soc*, **134**, 131–145.
- Ducrocq, V., Roussot, O., Bžeranger, K., Braud, I., Chanzy, A., Delrieu, G., Drobinski, P., Estournel, C., Ivancan-Picek, B., Josey, S., Lagouvardos, K., Lionello, P., Llasat, M. C., Ludwig, W., Lutoff, C., Mariotti, A., Montanari, A., Richard, E., Romero, R., Ruin, I., i Somot, S., 2010: *HyMeX International Science Plan*, [http://www.hymex.org/public/documents/HyMeX\\_Science\\_Plan.pdf](http://www.hymex.org/public/documents/HyMeX_Science_Plan.pdf).
- Ducrocq, V., Braud, I., Davolio, S., Ferretti, R., Flamant, C., Jansà, A., Kalthoff, N., Richard, E., Taupier-Letage, I., Ayrat, P., Belamari, S., Berne, A., Borga, M., Boudevillain, B., Bock, O., Boichard, J. L., Bouin, M. N., Bousquet, O., Bouvier, C., Chigiato, J., Cimini, D., Corsmeier, U., Coppola, L., Cocquerez, P., Defer, E., Delanoë, J., Di Girolamo, P., Doerenbecher, A., Drobinski, P., Dufournet, Y., Fourrié, N., Gourley, J. J., Labatut, L., Lambert, D., Le Coz, J., Marzano, F. S., Molinié, G., Montani, A., Nord, G., Nuret, M., Ramage, K., Rison, B., Roussot,

- O., Said, F., Schwarzenboeck, A., Testor, P., Baelen, J. V., Vincendon, B., Aran, M., i Tamayo, J., 2013: *HyMeX-SOP1, the field campaign dedicated to heavy precipitation and flash flooding in the northwestern Mediterranean*, Bull Amer Meteorol Soc, doi: 10.1175/BAMS-D-12-00244.1.
- Emanuel, K., 2005: *Genesis and maintenance of “Mediterranean hurricanes”*, Advances in Geosciences, **2**, 217–220.
- Font, I., 1983: *Climatología de España y Portugal*, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 296 pgs.
- Jansà, A., 2013: Heavy precipitation and flash flood events in Spain, HyMeX SOPs’ debriefing workshop - 15-17 April 2013, Toulouse, France, www.hymex.org (workshops, SOP\_ debriefing, presentations, Tuesday).
- Jansà, A., García-Moya, J. A., i Rodríguez, E., 1991: Numerical experiments on heavy rain and Mediterranean cyclones, WMO/TD No. 420, pp. 37-47.
- Jansà, A., Genovés, A., Picornell, M. A., Campins, J., Riosalido, R., i Carretero, O., 2001: *Western Mediterranean cyclones and heavy rain. Part 2: Statistical approach*, Meteorol Appl, **8**, 43–56.
- Jansà, A., Arbogast, P., Doerenbecher, A., Garcies, L., Genovés, A., Homar, V., Klink, S., Richardson, D., i Sahin, C., 2011: *A new approach to sensitivity climatologies: the DTS-MEDEX-2009 campaign*, Nat Hazards Earth Syst Sci, **11**, 2381–2390.
- Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Prat, M. A., Porcu, F., Price, C., Mugnai, A., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Katsanos, D., Michaelides, S., Yair, Y., Savvidou, K., i Nicolaides, K., 2010: *High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database*, Advances in Geosciences, **23**, 47–55.
- Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Petrucci, O., Pasqua, A. A., Rosselo, J., Vinet, F., i Boissier, L., 2013: *Towards a database on societal impact of Mediterranean floods within the framework of the HYMEX project*, Nat Hazards Earth Syst Sci, **13**, 1337–1350.
- Martínez, C., Campins, J., Jansà, A., i Genovés, A., 2008: *Heavy rain events in the Western Mediterranean: an atmospheric pattern classification*, Advances in Science and Research, **2**, 61–64.
- Quintana, P., Homar, V., Llasat, M. C., Jansà, A., Font, J., i Aran, M., 2012: *A look to the HyMeX program*, Tethys, **9**, 63–74, doi: 10.3369/tethys.2012.9.06.
- Ramis, C., Homar, V., Amengual, A., Romero, R., i Alonso, S., 2013: *Daily precipitation records over mainland Spain and the Balearic Islands*, Nat Hazards Earth Syst Sci, **13**, 2483–2491, doi: 10.5194/nhess-13-2483-2013.
- Rivera, A. i Riosalido, R., 1986: Mediterranean convective systems as viewed by Meteosat: A case study, 6th Meteosat Scientific Users Meeting, 25-27 November 1986, EUMETSAT, Amsterdam, pp. 101-104.
- Romero, R., Doswell, C. A., i Ramis, C., 2000: *Mesoscale numerical study of two cases of long-lived quasi-stationary convective system over eastern Spain*, Mon Weather Rev, **128**, 3731–3751.
- Romero, R., Martín, A., Homar, V., Alonso, S., i Ramis, C., 2006: *Predictability of prototype flash flood events in the western Mediterranean under uncertainties of the precursor upper-level disturbance*, Advances in Geosciences, **7**, 55–63.