Tethys, 3, 79–86, 2006
www.tethys.cat
ISSN-1139-3394
DOI:10.3369/tethys.2006.3.10

Revista editada per **ACAM**
(Associació Catalana de Meteorologia)

Efecte de la sinergia entre escales meteorològiques en la predicció de la dispersió atmosfèrica de contaminants antropogènics en terreny complex

J.L. Palau, G. Pérez-Landa, and M.M. Millán
Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), València
Rebut: 29-IX-2006 – Acceptat: 20-XII-2006 – **Versió Traduïda**

Correspondència a: jlp@confluencia.biz

Resum

Algunes de les aproximacions meteorològiques considerades comunament en els models de contaminació de l'aire urbà no tenen en compte la importància de l'efecte sinergètic entre les escales meteorològiques per tal de predir la dispersió atmosfèrica dels contaminants en localitats costaneres de terreny complex. L'objectiu d'aquest treball és el de fer una estimació de l'impacte de l'ús de les escales meteorològiques apropiades per tal de reproduir alguns dels efectes sinergètics prèviament observats i estimular el comportament de les concentracions de contaminants emeses a les capes baixes sobre les zones costaneres de terreny complex. La disponibilitat dels mesuraments experimentals del plomall d'una central elèctrica prop del centre urbà de Castelló (a la costa mediterrània espanyola) ens ha permès utilitzar aquest plomall com a traçador d'oportunitat de la baixa atmosfera per comprovar els resultats de l'exercici de simulació utilitzant el model de mesoescala RAMS acoblat amb el model de partícules HYPACT. Els resultats obtinguts mostren que en una localitat costanera de terreny complex, degut al fort efecte de les interaccions meteorològiques entre escales diferents en l'advecció integral i la dispersió turbulenta de contaminants, utilitzar una escala inadequada per resoldre la meteorologia pot donar lloc a un buit enorme en la simulació del comportament del contaminant en les capes baixes en escales urbanes.

1 Introducció

L'objectiu d'aquest treball és mostrar l'impacte del fet d'aplicar escales meteorològiques incorrectes a l'hora de simular el comportament de les concentracions dels contaminants emesos en les capes baixes de les zones costaneres de terreny complex. Les dades experimentals per a aquest estudi es van obtenir durant la campanya del BEMA Pas 1, que utilitzava un plomall de SO_2 emès des d'una central elèctrica del centre urbà de Castelló (fig. 1A) com a traçador d'oportunitat de la baixa atmosfera. Amb aquestes dades comprovem els resultats d'un exercici de simulació utilitzant el model de mesoescala RAMS acoblat al model de partícula HYPACT. Els nostres resultats apunten la dependència entre la simulació del comportament del contaminant de la capa baixa i la capacitat dels models meteorològics operacionals per tal de reproduir correctament el cicle diari de la baixa atmosfera.

2 Metodologia

2.1 Instal·lació experimental

Les mesures experimentals van ser preses utilitzant dos vehicles (unitats mòbils), els dos instrumentalitzats amb una COrrelació eSPECctromètrica (COSPEC) per tal d'enregistrar la distribució dels contaminants enlaire (Millán et al., 1976; Palau et al., 2006).

Durant la campanya analitzada (el 17, 18 i 19 de juliol del 1995), les mesures van ser preses al voltant de la central elèctrica situada prop del centre urbà de Castelló, a una distància d'entre 2 i 3 km de la costa. En l'estratègia de mesura de plomall, les dues unitats mòbils van fer transsectes simultanis al voltant del centre urbà de Castelló a distàncies diferents de la xemeneia (fig. 1A). Les mesures van ser preses al llarg del dia per tal d'enregistrar els canvis que podrien tenir lloc en la direcció de transport del plomall o en les condicions dispersives. Així, utilitzant el plomall

2006 Autor(s). Aquest treball té llicència "Creative Commons".

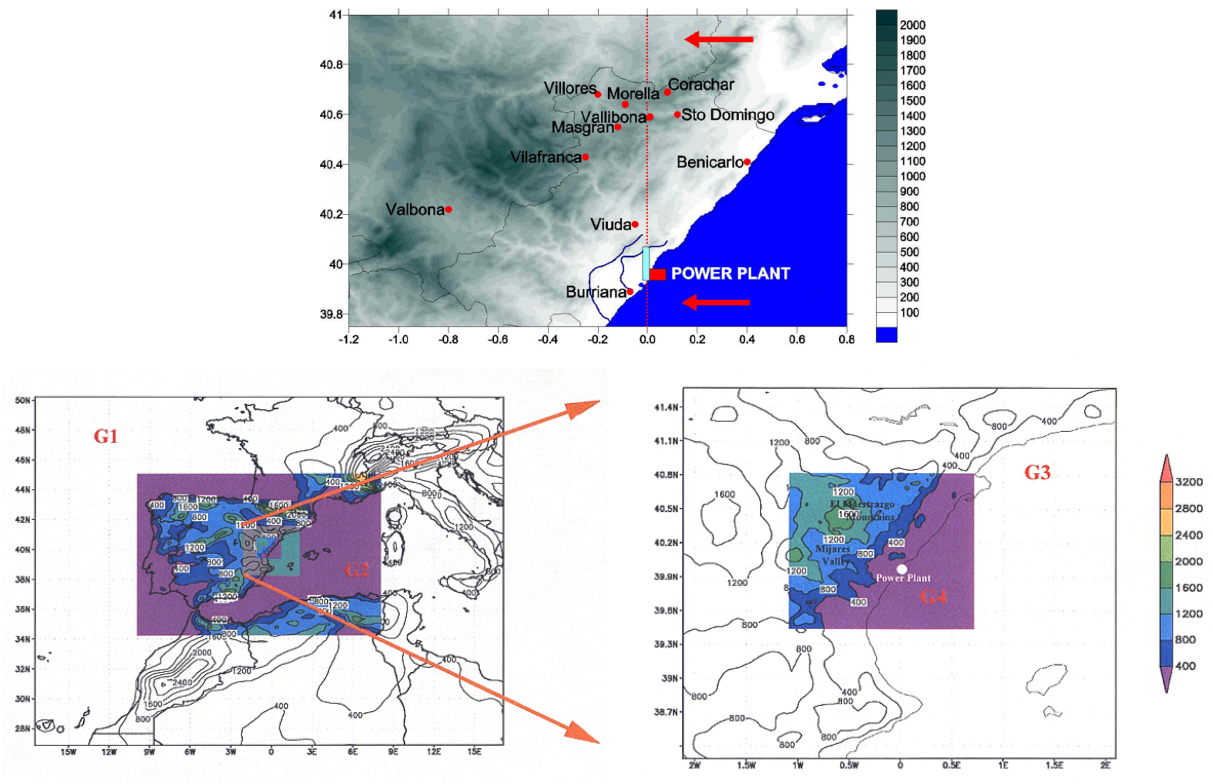

Figura 1. (A) (fig. superior) Àrea d'estudi a l'Espanya oriental; les onze torres meteorològiques que subministren mesures experimentals estan marcades amb punts vermells. La línia vermella vertical (longitudinal) indica la secció transversal utilitzada per generar les figures 4 a 7. La xarxa viària utilitzada per les dues unitats mòbils (instrumentades amb un COSPEC) per prendre mesures al voltant de la central elèctrica també està indicada. (B) (fig. inferior esquerra) i (C) (fig. inferior dreta): configuració de la modelització amb les quatre malles de diferents resolucions utilitzades en les simulacions centrades en la central elèctrica de Castelló (G_1 40.5 km, G_2 13.5 km, G_3 4.5 km, G_4 1.5 km).

com a traçador d'oportunitat de la baixa atmosfera, va ser possible seguir l'evolució diària del camp de vent i de les condicions dispersives.

A més, hi ha mesuraments obtinguts d'onze instal·lacions de la Xarxa Regional de Qualitat de l'Aire (que mesura contínuament contaminants de l'aire i paràmetres meteorològics), i de les torres meteorològiques instal·lades durant la campanya del BEMA. Els sensors estan situats en llocs diferents de la zona d'estudi (fig. 1A).

2.2 Configuració de model

En aquest estudi vam utilitzar un model meteorològic, el Regional Atmospheric Modelling System (RAMS versió 4.3.0 – R. A. Pielke et al. (1992)) acoblat amb el model RAMS HYbrid Particle And Concentration Transport (HYPACT versió 1.2.0. – Trembak et al. (1993)).

Vam realitzar simulacions del RAMS acoblat amb el model HYPACT (taula 1) per tal de comprovar l'efecte de diferents aproximacions meteorològiques en la simulació del comportament dels contaminants en una zona costanera de terreny complex. Per tal de fer-ho, es van utilitzar dues configuracions meteorològiques diferents del model RAMS,

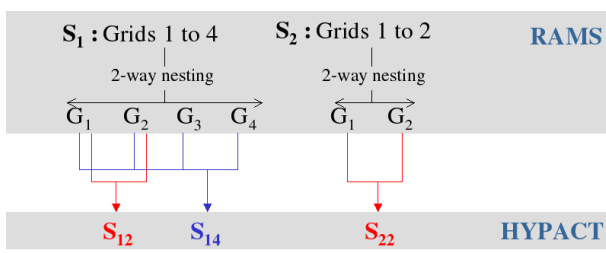

Figura 2. Esquema de modelització seguit durant l'exercici de simulació. Per a la primera simulació meteorològica (S_1), es van utilitzar quatre regions en el model meteorològic (RAMS) amb dues regions de niuatge de dos sentits. Els resultats es van obtenir per a les malles G_1 a G_4. Per tal de realitzar les simulacions del HYPACT (S_{12} i S_{14}), es van utilitzar dues configuracions diferents: utilitzant només les malles G_1 i G_2 del RAMS (S_{14}). La segona simulació meteorològica (S_2) va ser configurada només amb les regions de la G_1 i la G_2 (niuades en dos sentits). Les seves solucions van ser introduïdes en el model de partícules HYPACT, generant així una nova solució (S_{22}).

Taula 1. Estratègia de Modelització. La simulació S_{14} va ser executada amb quatre regions niuades i una mida horitzontal de malla d'1.5 km a la regió interior. La simulació S_{12} correspon a la simulació a dins de la segona regió (mida horitzontal de malla de 13.5 km), però tenint en consideració la retroacció de les quatre regions niuades. La simulació S_{22} va ser executada amb només dues regions niuades i una mida horitzontal de malla de 13.5 km a dins de la regió interior.

Simulació	Mida de la malla (número de la malla)	Niuatge i malles considerades
S14	1.5 km (G4)	2 sentits; malles 1 a 4
S12	13.5 km (G2)	2 sentits; malles 1 a 4
S22	13.5 km (G2)	2 sentits; malles 1 a 2

però, en ambdós casos, es van utilitzar les mateixes condicions inicials i de contorn (fig. 1 i 2): a) Simulació 1 (S_1), utilitzant quatre regions niuades centrades a sobre de la central elèctrica de Castelló, i b) Simulació 2 (S_2), utilitzant només les dues regions niuades més exteriors (amb les mateixes resolucions i els mateixos límits, G_1 i G_2).

És important ressaltar que les dues configuracions permeten niuatges de dos sentits entre les malles (taula 1 i fig. 2), amb l'única diferència entre elles que la simulació S_1 resol la meteorologia considerant 1.5 km com a la menor mida de malla mentre que la simulació S_2 resol la meteorologia sense retroacció de les dues regions interiors; p. ex., considerant 13.5 km com a la mida més baixa de malla (fig. 1B i 1C). Així, la meteorologia resolta en la segona malla (G_2) per a les dues simulacions difereix estrictament en el fet que en el primer cas (S_{12}), els resultats són coherents amb la retroacció de les regions interiors (p. ex., el model resol la meteorologia de la regió interior) mentre que a la segona simulació (S_{22}) no hi ha retroacció de les regions internes perquè G_2 és la regió de resolució més alta.

El model HYPACT funcionava utilitzant l'esquema de dispersió lagrangià amb un vent de 3-D i camps de turbulències subministrats per les tres sortides del RAMS (S_{14}, S_{12} i S_{22}) (taula 1 i fig. 2). Aquest model va ser utilitzat tant per simular les emissions de SO_2 de la central elèctrica com per analitzar l'efecte que els diferents camps meteorològics obtinguts a dins de la segona regió (simulacions S_1 i S_2) tenen en el patró dispersiu del plomall de SO_2. Per tal de simular la dispersió dels contaminants sota diferents aproximacions meteorològiques, la sortida HYPACT (lagrangiana) per a la primera simulació RAMS (S1), la regió de mida de malla d'1.5 km està marcada com S_{14}; la sortida lagrangiana per a la mateixa simulació però considerant només els camps de vent en les dues primeres malles, p. ex., arribant a la regió de mida de malla de 13.5 km, està marcada com a S_{12} (fig. 2).

2.3 Validació de model

Per tal de confirmar aquestes simulacions, a dins de la regió de resolució més alta, vam seguir dos mètodes de treball diferents i independents, tal com se suggereix en diversos estudis que tracten sobre les comprovacions de models meteorològics i de qualitat de l'aire (Palau et al., 2005).

El primer exercici de comprovació consistia en utilitzar mesuraments de dispersió del plomall alt per tal de comprovar els resultats obtinguts de les simulacions dispersives S_{14} (fig.2), realitzades amb el model HYPACT utilitzant els camps meteorològics produïts per RAMS i prèviament comprovats. Utilitzant els mesuraments de plomall alt com a traçadors d'oportunitat del camp de vent a l'altura de transport del plomall, els resultats de la dispersió simulada van ser comparats amb els mesuraments experimentals (agafats, tal com s'ha descrit abans, amb les dues unitats mòbils moventse al voltant de la central elèctrica en diferents moments del dia). Durant aquest procés de primera validació, fig.3, vam comprovar l'evolució diària en les adveccions integrals experimentals i simulades del plomall alt i vam avaluar la competència del model per reproduir el cicle diari del camp de vent (associat, tal com hem dit abans, amb el desenvolupament de les circulacions de mesoescala de corrents d'aire ascendents).

A primera hora del dia (fig. 3), el plomall és transportat per advecció cap al sud paral·lelament a la costa a dins d'una capa estable (vents nocturns de drenatge). Al migdia, el plomall és transportat per advecció terra endins, perpendicular a la costa; i, a última hora de la tarda, el plomall s'ha girat cap al nord – nord-oest respecte del punt d'emissió. Aquesta hora del dia correspon a una brisa marina desenvolupada.

El segon exercici de comprovació, per a avaluar les competències del model, va comparar les dades meteorològiques simulades (temperatura, velocitat del vent i direcció del vent) amb els mesuraments experimentals en onze emplaçaments meteorològics diferents situats en la regió interior, G_4, (fig. 1). Vam considerar com a representatives de les competències del model a dins de tot el territori interior les estadístiques obtingudes per a la temperatura i el vent per a onze estacions meteorològiques disponibles. La taula 2 resumeix els resultats obtinguts.

Tot i que es van observar algunes diferències importants en les competències del model en les diferents estacions degut a la complexitat del terreny, de mitjana, per a la temperatura a 2 m s.n.t., es va detectar un error important i sistemàtic del model (valor RMSE (error quadràtic mitjà) de 3.5°C com a mitjana temporal i espacial a totes les estacions). Per tant, els valors de biaix i de mitjana de les onze estacions mostren una clara sobreestimació d'uns 2.6°C probablement degut a la complexitat de la topografia i a les deficiències en la inicialització de les propietats termodinàmiques del sòl

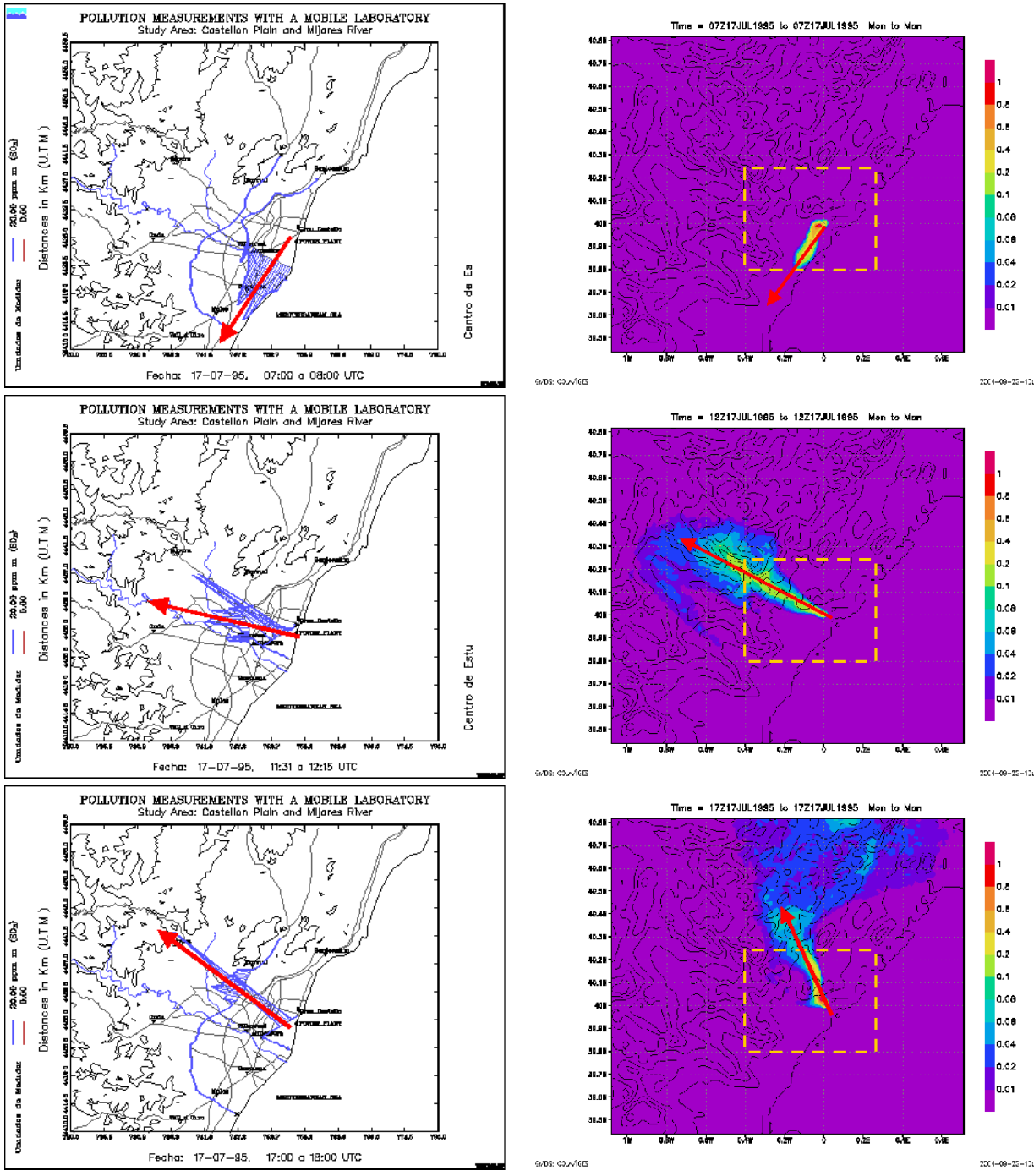

Figura 3. Simulació S_{14} amb una regió interior d'1.5 km, primera filera per a les 07 UTC el 17 de juliol de 1995; segona filera per a les 12 UTC el 17 de juliol, i tercera filera per a les 18 UTC el 17 de juliol. Columna dreta, mesuraments experimentals; i columna esquerra: resultats de simulació de la modelització. El quadrat taronja de la figura (columna dreta) indica la zona experimental tractada a la columna esquerra. La fletxa vermella indica la direcció de transport del plomall mitjà.

Taula 2. Valors mitjans observacionals i modelitzats (AvObs i AvMdl), Biaix, Error quadràtic mitjà (RMSE) de la temperatura (a 2 m s.n.t.) i velocitat del vent (a 10 m s.n.t.), RMSE-vwd (RMSE de la diferència del vector de vent horitzontal), en onze emplaçaments diferents (veure localitzacions a la figura 2) per als tres dies simulats. El valor a totes les estacions durant els tres dies simulats ha estat calculat sobre un total de 729 valors de temperatura de mitjana horària i 727 valors de velocitat del vent mitjana horària (Nobs). A més, el valor I.A. (Índex d'Acord) està calculat com la mitjana d'onze diferents emplaçaments (índex d'acord de 729 parelles de valors per a la temperatura i 727 parelles de valors per a la velocitat del vent).

Estació	NObs	AvObs	AvMdl	Biaix	RMSE	RMSE-vwd	I. A.
Velocitat del vent a 10 m s.n.t.							
BENICARLÓ	67	2.5	2.3	-0.2	0.9	1.7	***
BURRIANA	67	1.9	2.0	0.1	1.0	1.5	***
VIUDA	67	1.8	2.4	0.7	1.2	2.3	***
STO. DOMINGO	67	3.3	2.4	-0.8	1.2	2.1	***
VALBONA	67	2.2	2.6	0.4	1.0	1.1	***
VILAFRANCA	59	2.8	3.0	0.3	1.2	2.5	***
MAS GRAN	67	3.7	2.8	-0.9	1.7	2.1	***
VALLIBONA	67	3.5	2.4	-1.1	1.9	2.2	***
MORELLA	65	4.2	2.9	-1.3	1.6	2.1	***
CORACHAR	67	2.4	2.6	0.2	1.2	1.5	***
VILLORES	67	3.3	2.1	-1.1	1.8	2.4	***
Valor a totes les estacions	**727**	**2.9**	**2.5**	**-0.3**	**1.4**	**1.9**	**0.82**
Temperatura a 2 m s.n.t.							
BENICARLO	67	26.6	28.3	1.7	2.1	***	***
BURRIANA	67	27.1	28.0	0.8	1.6	***	***
VIUDA	67	25.2	29.7	4.5	5.0	***	***
STO DOMINGO	67	24.0	26.6	2.6	3.1	***	***
VALBONA	67	24.5	27.0	2.5	3.3	***	***
VILAFRANCA	59	21.7	25.0	3.3	3.7	***	***
MAS GRAN	67	25.0	26.3	1.3	2.4	***	***
VALLIBONA	67	21.7	25.5	3.8	4.2	***	***
MORELLA	67	24.2	26.4	2.2	2.8	***	***
CORACHAR	67	22.7	25.7	3.0	3.5	***	***
VILLORES	67	26.7	29.5	2.8	3.7	***	***
Valor a totes les estacions	**729**	**24.5**	**27.1**	**2.6**	**3.5**	*****	**0.77**

que juguen un paper en el balanç de l'energia local simulada. A més, és important destacar que les temperatures pitjor simulades van ser detectades durant les hores nocturnes, probablement degut a les limitacions de la parametrització de la capa límit planetària (PBL) del RAMS sota condicions estables.

El refredament nocturn de les capes baixes de la troposfera no ha estat ben reproduït pel model en la majoria dels emplaçaments a dins del territori interior. Tot i així, l'índex d'acord és de 0.77, p. ex. en l'evolució diària i de dia a dia de la temperatura, està ben reproduït pel model.

Les observacions meteorològiques de la velocitat i direcció del vent es van fer a una altura de 10 m s.n.t. En aquest període estiuenc de tres dies (amb cels clars i velocitats de vent superficial baixes), els resultats del dia a dia són força conseqüents i es van obtenir bons resultats per al RMSE de la velocitat del vent a 10 m s.n.t. (1.4 m s^{-1}) i per a la diferència del vector vent a la mateixa alçada (1.9 m s^{-1}) (taula 2 i figura 3). No es va observar cap biaix sistemàtic en el model, i el valor de biaix mitjà obtingut (-0.3 m s^{-1}) és el resultat d'una distribució neta i no esbiaixada al voltant de zero. Coherentment, l'índex d'acord obtingut per a totes les mesures per a les onze estacions (727 valors de cada hora) va ser de 0.82 (taula 2).

És important destacar que per a velocitats de vent baixes (per sota de 0.5 m s^{-1}), se sap que les direccions de vent mesurades a les estacions són variables i poc fiables. Aquesta característica fa difícil comprovar els vents de drenatge simulats sobre la base de la direcció del vent. Tanmateix, utilitzant contaminants de l'aire com a traçadors d'oportunitat durant períodes diürns consecutius (de 2 a 4 dies o més), és possible deduir la dinàmica nocturna dels vents, així com comprovar directament les brises marines diürnes (amb velocitats de vent molt més altes que les nocturnes).

Com a primer resultat de la comprovació (veure detalls a Palau et al. (2005)) és important destacar que, com que l'índex d'acord per a les dues magnituds (temperatura i velocitat del vent) és el resultat d'una mitjana espacial i temporal sobre tot el territori G_4, el grau amb el qual la variable observada és adequadament estimada per la variable simulada

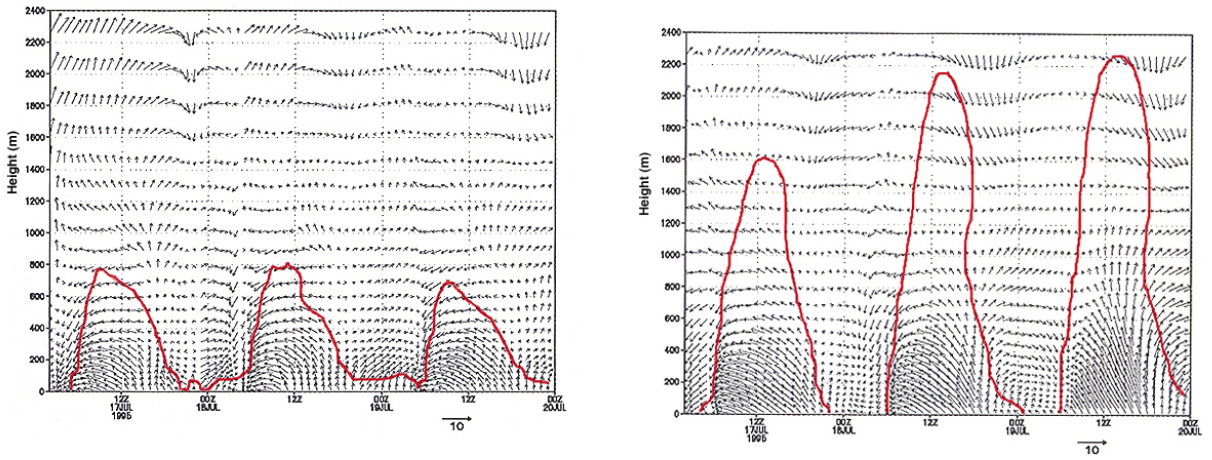

Figura 4. Comparació entre la simulació meteorològica (A) (fig. esquerra) a dins de G_2 per a la simulació S_1, p. ex., amb retroaccions de la regió interior i la simulació meteorològica (B) (fig. dreta) a dins de la mateixa malla G_2 però per a la simulació S_2, p. ex., sense retroaccions de la regió interior. A cada simulació el comportament de la parametrització PBL és diferent. Amb una retroacció de les dues regions d'alta resolució, se simula una alçada de 800 m s.n.t. Sense cap retroacció de regions d'alta resolució, s'obté una alçada PBL de 2100 m s.n.t. També cal destacar la diferent estructura de camp de vent deguda a la retroacció de regions interiors (principalment durant les hores nocturnes). Aquestes sèries es van obtenir en la vertical de la central elèctrica. La PBL comença a nivell de terra i arriba fins que el TKE és inferior (o igual) al llindar fixat, 0.001 m^2 s^{-2}.

és de 77% per a la temperatura i de 82% per a la velocitat del vent a dins del territori d'alta resolució.

3 Efectes de retroacció a partir de petites escales

Per tal de comprovar l'efecte que les diferents escales meteorològiques resoltes tenen en la simulació del comportament del contaminant en una zona costanera de terreny complex, vam comparar dues configuracions meteorològiques del model RAMS. Tal com hem descrit abans (a dins de la "configuració de model"), en ambdós casos hem utilitzat exactament les mateixes condicions inicials i de contorn; l'única diferència és que la solució meteorològica S_{12} ha resolt la meteorologia de millor escala. A més, la simulació S_{22} no té més informació meteorològica de millor escala degut a les configuracions niuades en dos sentits de només dos territoris (taula 1).

La simulació de camp de vent S_{12} mostra el cicle diari dels típics corrents costaners amb circulacions de corrent d'aire ascendent arrossegats cap a terra que moren durant la nit. Malgrat la malla de 13.5 km de mida, els vents de drenatge de primera hora del matí fins a les 07 UTC són capturats per la simulació S_{12}, a causa de la facultat del model per treballar amb la informació resolta a dins dels territoris interiors (4.5 i 1.5 km). Amb la configuració de la simulació S_{22} (sense regions interiors), el comportament del camp de vent en els nivells baixos és essencialment diferent del cas anterior. És interessant destacar que el vent de drenatge no es reprodueix durant la nit en l'últim cas (fig. 4B). Una altra característica important és la diferència en el comportament de la parametrització de la PBL entre les dues simulacions. Mentre que a S_{12} l'alçada màxima és de 800 m sobre el nivell del terreny (s.n.t.), a S_{22} s'estén fins a 2100 m s.n.t. (fig. 4). És necessari destacar que aquestes sèries de temps es van obtenir en la vertical de la central elèctrica i que la PBL comença al nivell del terra i puja fins que el TKE és inferior (o igual) al llindar fixat, 0.001 m^2 s^{-2}.

Aquesta anàlisi de les dades meteorològiques mostra diferències importants en les sortides del model de mesoescala entre les dues aproximacions meteorològiques: a la primera (S_{12}), els efectes d'alta resolució estan inclosos gràcies a l'opció de dos sentits entre malles, i a la segona (S_{22}), el model resol la resolució de malla de 13.5 km sense cap retroacció de les regions interiors (fig. 4).

Per tal de comprovar les implicacions de les dues diferents aproximacions meteorològiques en la simulació d'un plomall des d'un focus d'emissió situat en una zona com Castelló, les dues sortides de model van ser utilitzades per fer anar dues simulacions respectives del HYPACT. La distribució vertical de la concentració simulada de SO_2 a una Lon 0°, des de les 00 UTC del 18 de juliol fins a les 18 UTC del 18 de juliol, difereix molt en les dues simulacions (S_{12} en front de S_{22}); figures 5 i 6.

Aquests resultats mostren que en una zona de terreny costaner complex, el corrent del vent i la capa límit estimada pels models poden ser molt diferents segons l'escala meteorològica resolta, cosa que condiciona fortament el comportament del contaminant simulat pel Model de Partícula del HYPACT. Els resultats mostrats es van obtenir basant-se en la descàrrega de partícules a 175 m s.n.t. (segons l'alçada estimada del plomall). En canvi, quan vam canviar l'alçada

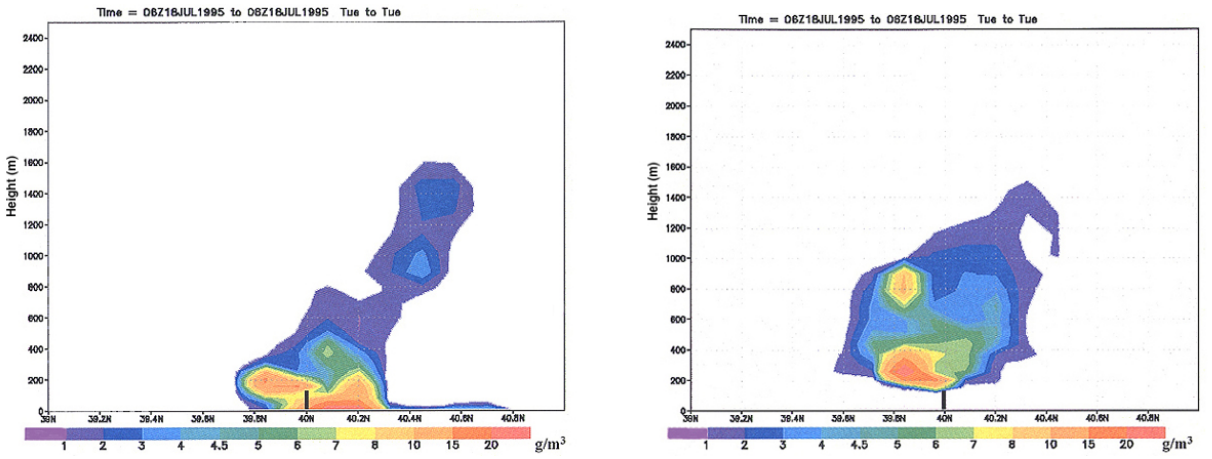

Figura 5. Secció de tall transversal, espacialment indicada a la figura 1, del plomall simulat a dins de la malla G_2 per a les dues simulacions meteorològiques, S_1 i S_2. La línia negra a la lat. 40N indica l'alçada de la xemeneia de la central elèctrica. La simulació (A) (fig. esquerra) S_{12} i la simulació (B) (fig. dreta) S_{22} de la distribució vertical de la SO_2 simulada en la Lon 0° per a les 06 UTC el 18 de juliol de 1995. Noves emissions (plomall alt) són transportades cap al sud paral·lelament a la costa a dins d'una capa estable de corrent de drenatge nocturn. S'observen grans diferències en les concentracions a nivell del terra de SO_2. En el cas (A) les concentracions al terra són degudes a les emissions transportades a l'interior amb la brisa marina el dia anterior i retornades cap a la costa amb els vents de drenatge.

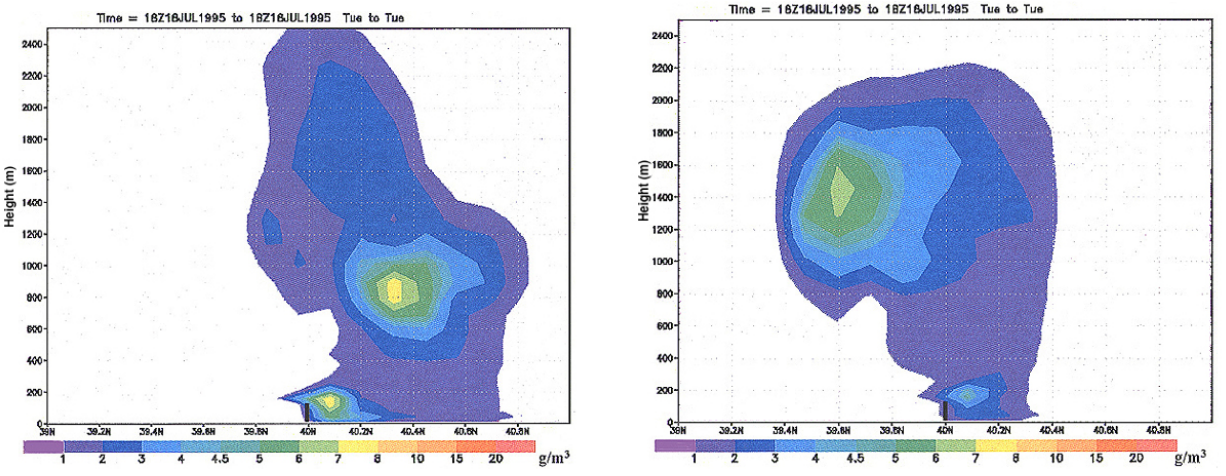

Figura 6. Secció de tall transversal, espacialment indicada a la figura 1, del plomall simulat a dins de la malla G_2 per a les dues simulacions meteorològiques, S_1 i S_2. La línia negra a la lat. 40N indica l'alçada de la xemeneia de la central elèctrica. La simulació (A) (fig. esquerra) S_{12} i la simulació (B) (fig. dreta) S_{22} de la distribució vertical de la SO_2 simulada en la Lon 0° per a les 18 UTC el 18 de juliol de 1995. Al final del període de dia del segon dia simulat, les diferències entre les simulacions respecte de la màxima alçada de concentració es fa evident. En el primer cas (amb retroacció de la regió interior) les fumigacions de plomall tenen concentracions més altes que al segon cas (sense retroacció de les regions de resolució més alta). A més, els corrents de retorn de la brisa marina alta se situen en diferents alçades i els plomalls alts simulats se situen en diferents llocs segons si es tenen en consideració o no els efectes de retroacció (diferències en l'eix del plomall mitjà de més de 0.7°).

de la descàrrega a 25 m s.n.t. per tal de representar l'alçada d'emissió de qualsevol contaminant urbà, vam obtenir resultats similars (no mostrats). Així, la facultat d'un model per simular el comportament dels contaminants emesos a la zona de Castelló, al menys en els primers 200 m s.n.t., dependrà fortament de la seva facultat per reproduir correctament el cicle diari de la baixa atmosfera.

Aquests resultats són rellevants a la llum del fet que algunes de les aproximacions meteorològiques comunament considerades per predir episodis de contaminació de l'aire urbà no tenen en consideració la importància de les escales més petites (i l'efecte sinergètic entre les escales meteorològiques) per tal d'explicar la meteorologia de llocs com la costa mediterrània espanyola.

4 Conclusions

La disponibilitat tant de les dades meteorològiques 10 m s.n.t. com de les altres mesures experimentals obtingudes per mitjà d'un vehicle equipat amb un sensor remot ens va permetre comprovar una simulació d'alta resolució (S_{14}; amb una mida de malla d'1.5 km) del comportament diari del plomall d'una central elèctrica (situada en una zona costanera de terreny complex) per mitjà del model de mesoescala RAMS acoblat amb el model de partícula HYPACT.

Aquest doble procediment de model-comprovació va donar dos resultats: A) Vam poder avaluar el grau amb el qual la variable observada era adequadament calculada per la variable simulada (índex d'acord) en onze llocs situats a dins del territori d'alta resolució, obtenint valors de 77% per a la temperatura i 82% per a la velocitat del vent; i B) vam poder reproduir el cicle diari d'un plomall de focus d'emissió en una zona costanera de terreny complex perquè la resolució horitzontal més alta utilitzada ens va permetre simular la dinàmica dels vents (desenvolupament de la brisa marina i vents de drenatge).

Es van realitzar dues simulacions addicionals dels models acoblats utilitzant una mida de malla de 13.5 km. En la primera (S_{12}) els efectes d'alta resolució estaven inclosos gràcies a la facultat del model de treballar amb interaccions a dos sentits entre les regions interiors, mentre que en la segona (S_{22}) no hi havia efectes de retroacció amb les escales millors. Com a resultat d'això, a la nostra simulació de dispersió de contaminants a les capes més baixes de l'atmosfera en una zona costanera de terreny complex, vam poder comparar els efectes de dues aproximacions meteorològiques diferents pel que fa a les escales resoltes. Les principals diferències obtingudes van ser:

- Les adveccions de contaminants a les simulacions S_{12} i S_{22} difereixen en gran manera durant les primeres hores del matí degut a la diferència en els vents de drenatge. Aquesta diferència s'acumula al llarg del cicle diari perquè les emissions transportades durant els corrents de drenatge són escombrades cap a l'interior amb el desenvolupament de la brisa marina diürna.
- La distribució vertical de la concentració simulada de SO_2 és molt diferent en les dues simulacions com a conseqüència de les discrepàncies en el comportament de la parametrització PBL: la simulació S_{12} prediu valors de concentració molt més alta per a les capes baixes que la simulació sense efectes d'alta resolució.

Els resultats mostren que en un emplaçament costaner de terreny complex, degut al fort efecte de les interaccions meteorològiques entre les diferents escales sobre l'advecció integral i la turbulenta dispersió de contaminants, utilitzar una escala inadequada per resoldre la meteorologia pot donar com a resultat un buit en la simulació del comportament del contaminants en la capa més baixa a escales urbanes.

Agraïments. La fundació CEAM rep l'ajut de la Generalitat Valenciana i de BANCAIXA (València). Als autors els agradaria donar les gràcies a la gent de la Fundació CEAM que han participat en la campanya de les mesures de camp. Aquest estudi ha estat finançat principalment pel projecte de recerca de la CE FUMAPEX – EVK4-CT-2002-00097-, pel Ministerio de Ciencia y Tecnología – REN2002-10681-E-, i el projecte de recerca MEDICO-GV04B-069 de la Generalitat Valenciana. La Comissió de les Comunitats Europees també va ajudar les campanyes experimentals sota el projecte BEMA Pas 1 (1994-95) – 11096.95.07 F1PC.ISP E–.

Referències

Millán, M. M., Gallant, A. J., i Turner, H. E., 1976: *The application of correlation spectroscopy to the study of dispersion from tall stacks*, Atmos. Environ., pp. 499–511.

Palau, J. L., Pérez-Landa, G., Diéguez, J. J., Monter, C., i Millán, M. M., 2005: *The importance of meteorological scales to forecast air pollution scenarios on coastal complex terrain*, Atmos. Chem. Phys., **5**, 2771–2785.

Palau, J. L., Pérez-Landa, G., Meliá, J., Segarra, D., i Millán, M. M., 2006: *A study of dispersion in complex terrain under winter conditions using high-resolution mesoscale and Lagrangian particle models*, Atmos. Chem. Phys., **6**, 1105–1134.

R. A. Pielke, R., Cotton, W. R., Walko, R. L., Tremback, C. L., Lyons, W. A., Grasso, D., Nichols, M. E., Moran, M. D., Wesley, D. A., Lee, T. L., i Copelands, J. H., 1992: *A comprehensive meteorological modeling system-RAMS*, Meteorol. Atmos. Phys., pp. 69–91.

Trembak, C. J., Lyons, W. A., Thorson, W. P., i Walko, R. L., 1993: *An emergency response and local weather forecasting software system*, (18 Eds.), Proceedings of the 20th ITM on Air Pollution and its Application Plenum Press, New York, pp. 423–429.