



Modelització i simulació fotoquímica mesoscalar del transport del material particulat i gasos a l'atmosfera

Raúl Arasa Agudo

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Modelització i simulació fotoquímica mesoscalar del transport del material particulat i gasos a l'atmosfera

**Memòria realitzada per Raúl Arasa Agudo per optar al grau
de Doctor en Ciències Físiques.**

Programa de Doctorat: Meteorologia (2007-2011)

Barcelona, Juny de 2011

Doctorand:

Raúl Arasa Agudo

Directora:

Dra. Maria Rosa Soler Duffour

**Departament d'Astronomia i Meteorologia
Universitat de Barcelona**



5. Sistema de Previsió de la Qualitat de l'Aire AQF.cat

El sistema de previsió de la qualitat de l'aire (AQF) implementat (figura 5.1) és el resultat del sistema de modelització de la qualitat de l'aire (AQM) en combinació amb un programari de post-processat per tractar les dades resultants dels models i amb uns algorismes de correcció (*bias correction*) aplicats per tal d'atenuar l'efecte de la incertesa que es va propagant all llarg de l'aplicació dels models meteorològics, d'emissió i fotoquímics.

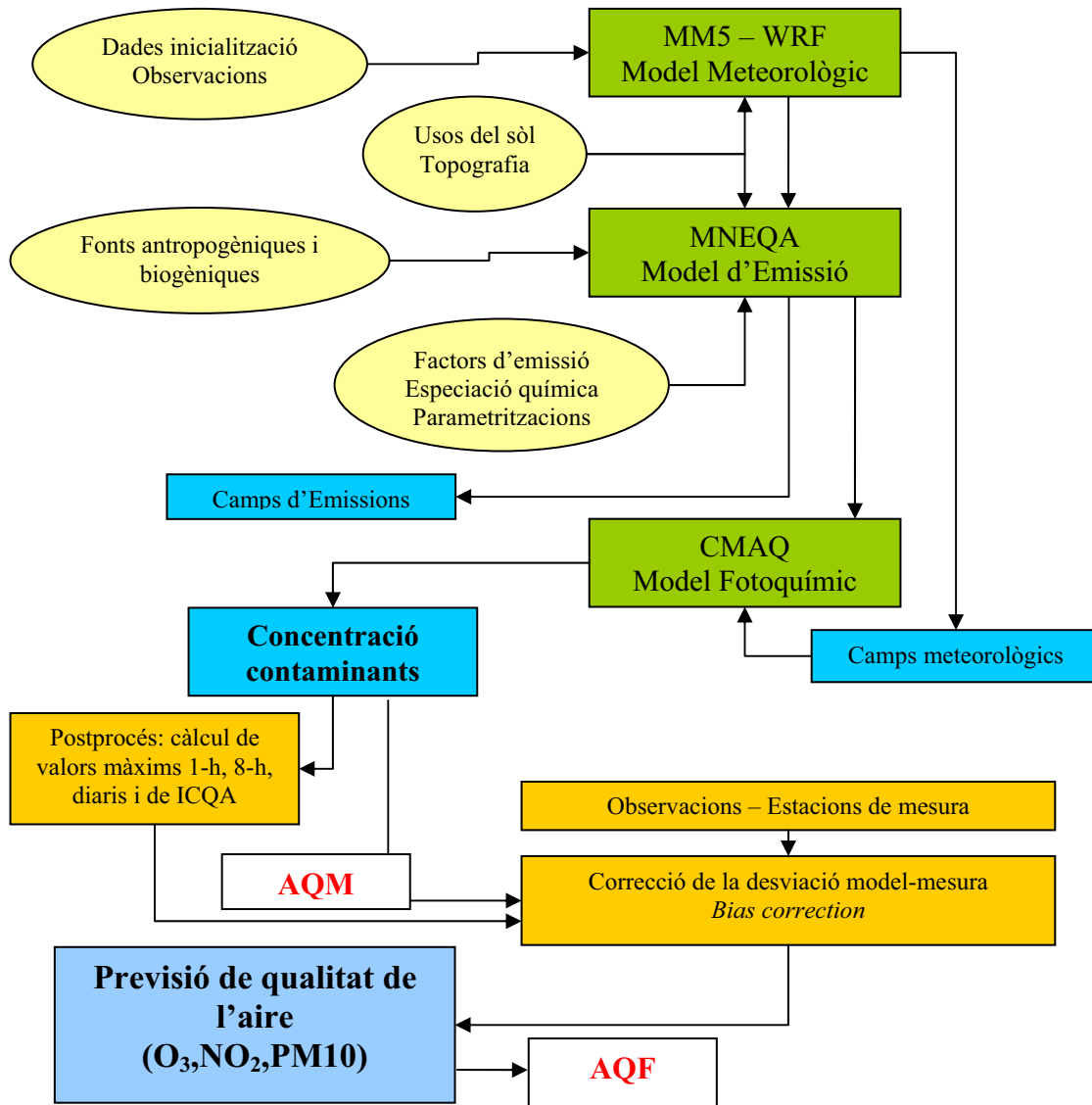


Figura 5.1. Esquema de funcionament del sistema de previsió de la qualitat de l'aire.

Tal i com hem comentat al capítol 3 ens referirem a AQM.cat com el nom assignat al sistema de modelització de la qualitat de l'aire aplicat sobre l'àrea de Catalunya; i similarmet, parlarem d'AQF.cat per fer referència al sistema de previsió de la qualitat de l'aire aplicat sobre aquesta mateixa àrea.

En una segona fase de la tesi el doctorand ha treballat amb el sistema de modelització a fi d'implementar un sistema per a la previsió operativa diària de la qualitat de l'aire.

Així, en combinació amb d'altres integrants del grup MAiR el doctorand s'ha encarregat de realitzar diàriament les simulacions numèriques del sistema AQM.cat i la previsió de qualitat de l'aire amb AQF.cat, pels períodes compresos entre el dia 1 de maig i el 30 de setembre durant els anys 2008 (Arasa et al., 2010a), 2009 i 2010 (Arasa et al., 2011). L'esquema de les simulacions numèriques correspon al descrit a la secció 3.1.

En aquest capítol es pretén descriure el sistema de post-processat creat pel doctorand per tractar i visualitzar la sortida de AQM.cat; definir i explicar els algorismes matemàtics de correcció aplicats sobre AQM.cat; i per últim comentar el paper del doctorand en la gestió i difusió dels resultats del sistema.

Aquest capítol descriu el treball realitzat durant les etapes (4), (6) i (8) del procés cronològic de la fase de recerca del doctorand mostrada a la secció 1.1.

5.1. Processat i anàlisi de les dades generades per AQM.cat

Una vegada el sistema de modelització s'ha executat exitosament es tenen els camps de concentració dels diversos contaminants per cada nivell vertical definit, per cada punt de malla amb la resolució horitzontal exigida i per cada instant de temps (valors horaris).

Amb les condicions i les característiques de les simulacions indicades al capítol 3, s'obtenen diversos fitxers de sortida del model fotoquímic que ens permetran conèixer entre d'altres el valor previst de la concentració de material particulat, ozó i diòxid de nitrogen. Indiquem a continuació els fitxers de sortida obtinguts mantenint la nomenclatura del model CMAQ:

CCTM_e3aCONC.e3a → Proporciona els valors de tots els contaminants a tots els nivells.

CCTM_e3aACONC.e3a → Proporciona els valors de contaminants escollits prèviament a un nivell de referència.

CCTM_e3aAERODIAM.e3a → Diferencia les partícules inferiors a 2.5 µm segons els diferents modes (Arasa, 2007b).

CCTM_e3aAEROVIS.e3a → Proporciona un índex de la visibilitat i del coeficient d'extinció degut a les partícules.

CCTM_e3aDRYDEP.e3a → Proporciona una mesura del procés de deposició seca dels diferents contaminants.

CCTM_e3aWETDEP1.e3a → Proporciona una mesura del procés de deposició humida dels diferents contaminants.

CCTM_e3aSSEMIS1.e3a → Proporciona les emissions de partícules marines procedents de mar obert calculades internament amb el mòdul AERO4 activat (Arasa, 2007b).

Per comparar els resultats del model amb les dades dels punts de mesurament de la XVPCA ens interessen els valors en superfície d'aquests fitxers. Aquest valor en concentració és el promig en una capa de gruix 0.002 en coordenades sigma (15.3m) tal i com les defineix el model meteorològic MM5 (5.1).

$$\sigma = \frac{P - P_{top}}{P_0 - P_{top}} \quad (5.1)$$

on p_0 és la pressió de referència a la superfície (1000hPa) i p_{top} la pressió a una alçada determinada (100hPa).

Posteriorment a la obtenció de tots els fitxers de sortida s'executa el sistema de post-processat creat pel doctorand i escrit en llenguatge Fortran 90, que permet tractar els fitxers netCDF de sortida i calcular els valors màxims horaris, 8-horaris i valors diaris per les diferents espècies químiques. Alhora s'incorpora un sistema d'adequació de les diferents espècies químiques i agrupament. Per exemple, s'agrupen els valors d'immissió de partícules de grandària inferior a $10\mu\text{m}$ (PM10), ja que el model CMAQ les proporciona dividides químicament (taula 3.3). A continuació es presenta una taula on s'indica el tipus de tractament i de sortida gràfica per espècie química resultant d'aquest post-processat.

Taula 5.1. Característiques del tipus de valor previst per cada espècie de contaminant.

Contaminant	Tractament	Sortida gràfica per cadascun dels dominis de simulació
Ozó	Canvi d'unitats ¹⁰ Càlcul del valor màxim 1-h Càlcul del valor màxim 8-h	Evolució horària Valor màxim 1-h Valor màxim 8-h
PM10	Agrupament per espècies Càlcul del valor màxim Càlcul del valor diari	Valor màxim 1-h Valor diari
PM2.5	Agrupament per espècies Càlcul del valor màxim Càlcul del valor diari	Valor màxim 1-h Valor diari
NO ₂	Canvi d'unitats Càlcul del valor màxim Càlcul del valor diari	Valor màxim 1-h Valor diari
NO	Canvi d'unitats Càlcul del valor màxim	Valor màxim 1-h
SO ₂	Canvi d'unitats Càlcul del valor màxim	Valor màxim 1-h
CO	Canvi d'unitats Càlcul del valor màxim	Valor màxim 1-h

El sistema també està dotat de la capacitat de calcular el Índex Català de Qualitat de l'Aire ICQA per cada cel·la del domini D3 definit. El ICQA tradueix a una mateixa escala les concentracions de cadascun dels contaminants (taula 5.2), sent el valor d'ICQA aquell corresponen al valor mínim de ICQA calculat per cada contaminant.

¹⁰ El model fotoquímic CMAQ proporciona les concentracions dels diferents contaminants expressades en ppmV (gasos) i μgm^{-3} (aerosols).

Taula 5.2. Relació dels nivells d'immissió i l'Índex Català de la Qualitat de l'Aire ICQA.

ICQA	O ₃ (µgm ⁻³) Valor en 1h	PM10 (µgm ⁻³) Promig en 24h	CO (mgm ⁻³) Promig en 8h	SO ₂ (µgm ⁻³) Valor en 1h	NO ₂ (µgm ⁻³) Valor en 1h
100	0	0	0	0	0
50	90	35	6	200	115
0	180	50	10	350	200
-100	400	350	17	1500	1130
-200	800	420	34	3000	2260
-300	990	500	46	3750	3000
-400	1200	600	58	4900	3750

Finalment, a la etapa de post-processat s'incorpora tot un sistema de visualització geogràfica. Les visualitzacions de les sortides meteorològiques es realitza amb el programa GrADS que és un processador gràfic dissenyat pel programa de recerca en sistemes avançats d'informació de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Mentre que la sortida fotoquímica està preparada per ser visualitzada amb el programa GrADS i també PAVE del *Center for Environmental Modeling for Policy Development* de la Universitat de North Carolina. Dins d'aquest programari s'inclouen els programes necessaris pel traspàs dels fitxers en format netCDF a GrADS i PAVE. De manera que el sistema és capaç de representar els mapes per tota Catalunya d'aquests diferents valors incloent la limitació geogràfica requerida (zones de qualitat de l'aire o comarques).

A les figures 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 i 5.6 es presenten algunes sortides gràfiques meteorològiques i fotoquímiques procedents del sistema de post-processat dins del sistema de previsió de la qualitat de l'aire.

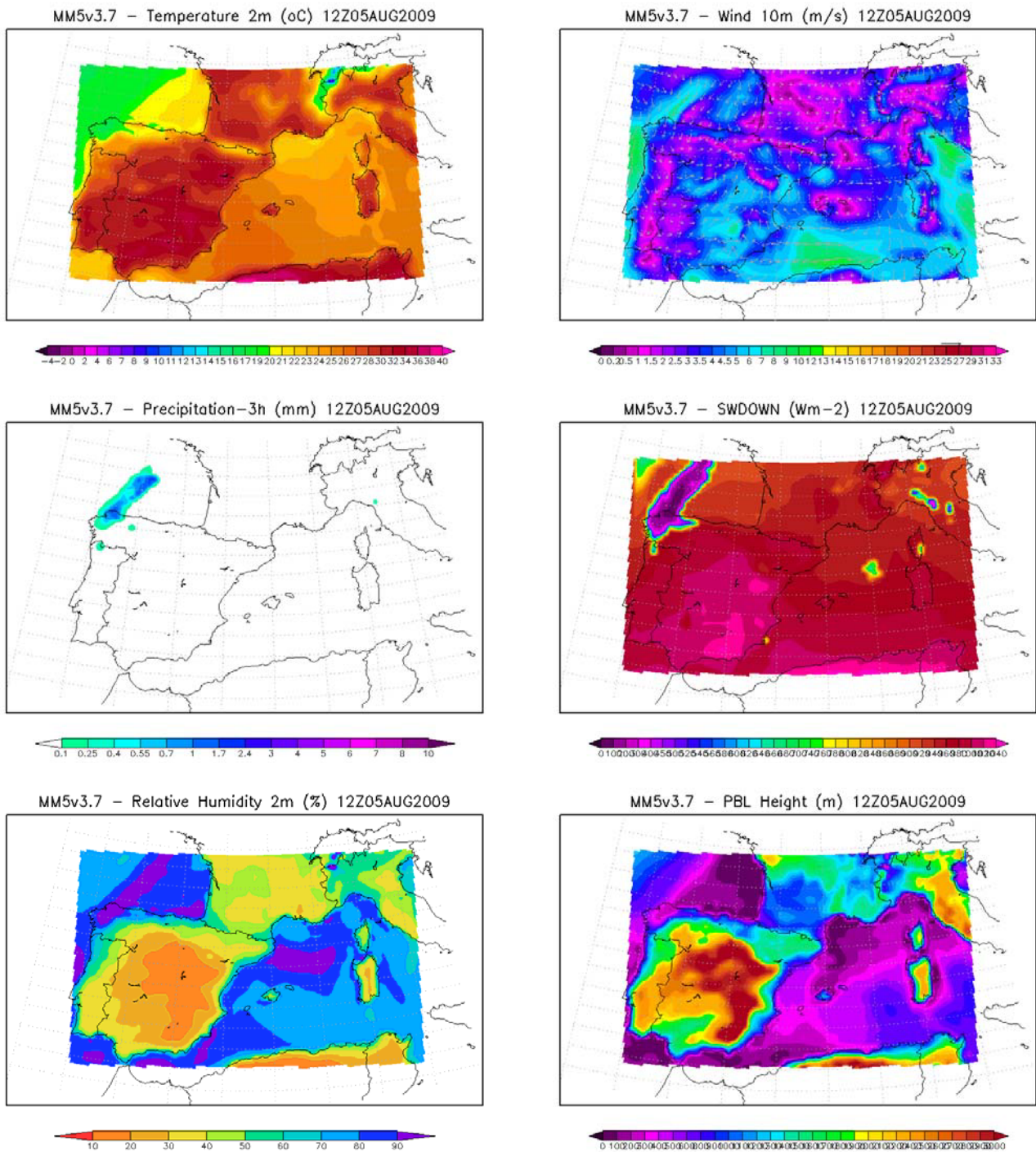


Figura 5.2. Sortida d'algunes de les variables meteorològiques proporcionades pel model MM5 pel dia 05 d'agost de 2009 a les 12:00 UTC per al domini D1.

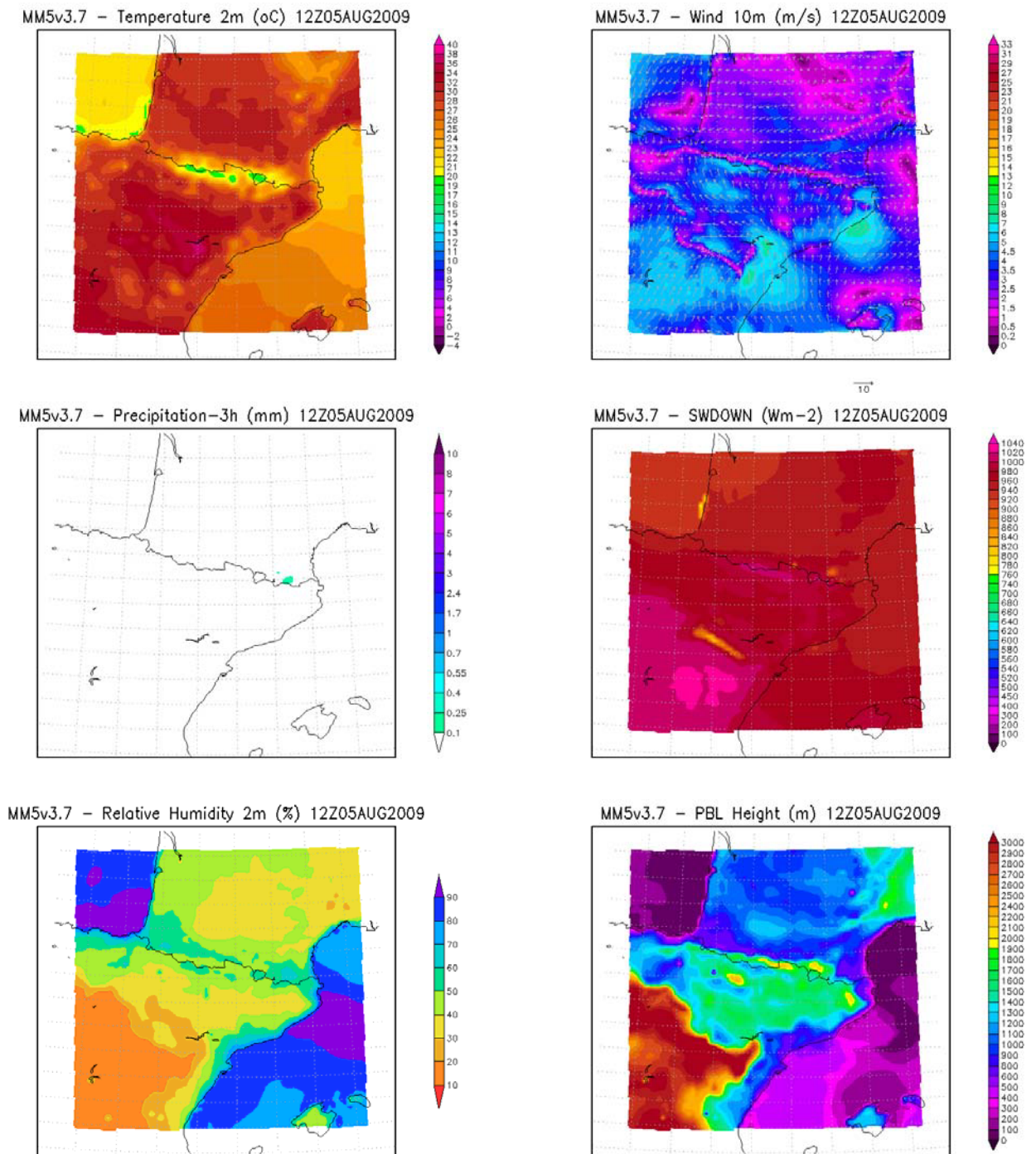


Figura 5.3. Sortida d'algunes de les variables meteorològiques proporcionades pel model MM5 pel dia 05 d'agost de 2009 a les 12:00 UTC per al domini D2.

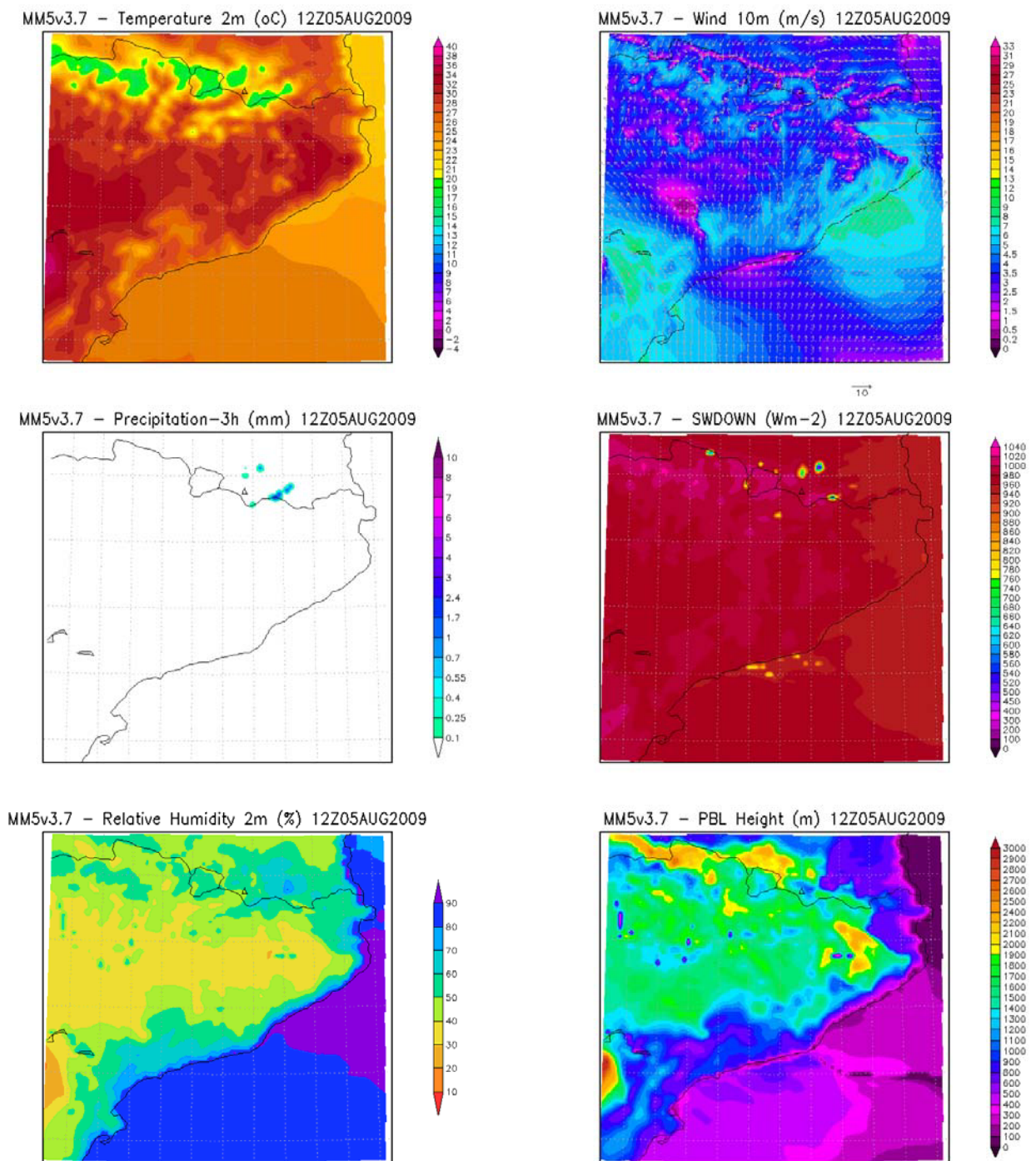


Figura 5.4. Sortida d'algunes de les variables meteorològiques proporcionades pel model MM5 pel dia 05 d'agost de 2009 a les 12:00 UTC per al domini D3.

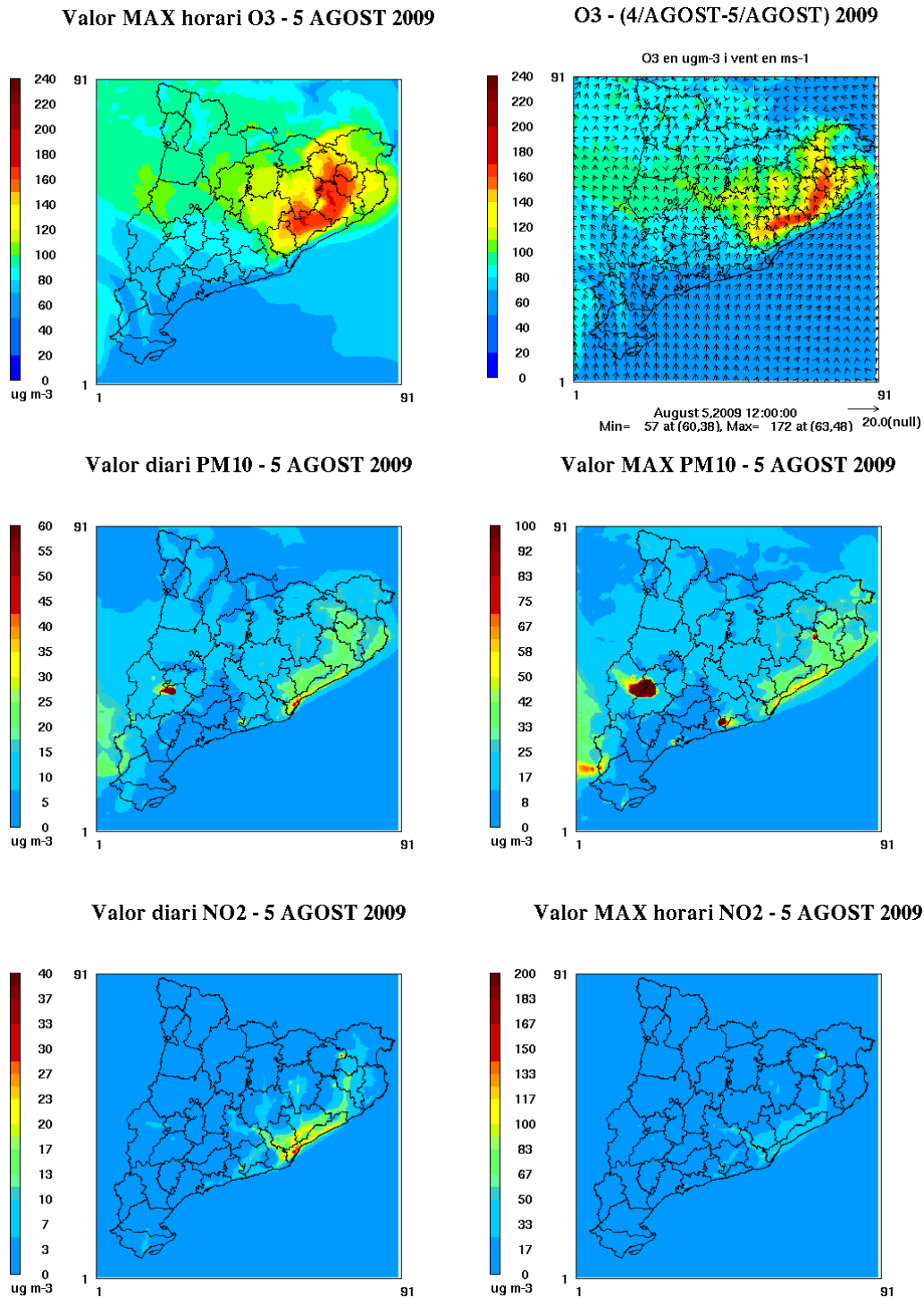


Figura 5.5. Sortida de les concentracions de diverses espècies químiques proporcionades pel sistema AQM.cat. Previsió d'ozó màxim 1-h (superior esquerra) i previsió horària d'ozó a les 12:00 UTC (superior dreta) per al dia 5 d'agost de 2009. Valors màxims 1-h de PM10 i NO2 (mig dreta i inferior dreta respectivament), i valors diaris¹¹ de PM10 i NO2 (mig esquerra i inferior esquerra respectivament) corresponents al dia 5 d'agost de 2009.

¹¹ Es fa notar que les escales corresponents als valors diaris i màxims horaris són diferents.

Valor diari ICQA - 5 AGOST 2009

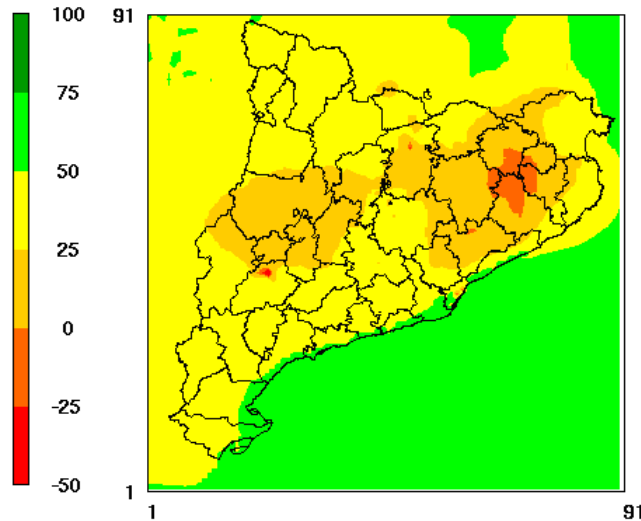


Figura 5.6. ICQA calculat segons el sistema de post-processat d'AQM.cat.

Per últim, comentar que el sistema de post-processat també inclou dins del programari la capacitat de realitzar gràfics comparatius model – mesura i gràfics de pronòstic dels diversos contaminants atmosfèrics en els punts de cel·la del domini que tenen correspondència amb la ubicació geogràfica de les estacions de mesura de la XVPCA (figura 5.7).

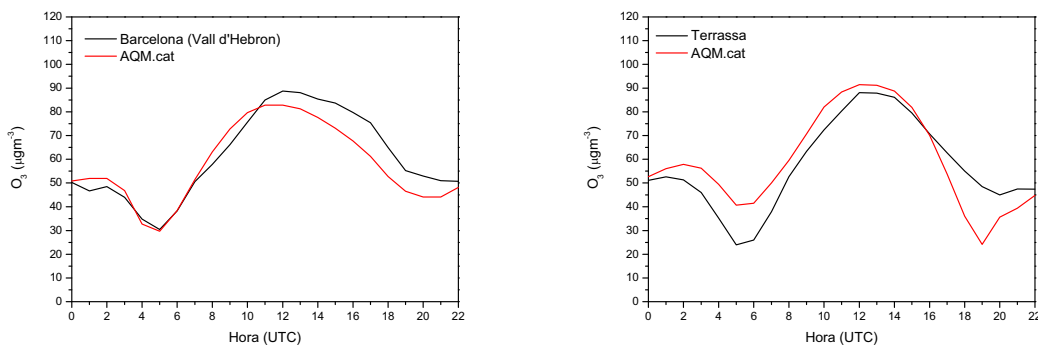


Figura 5.7. Evolució diària de l'ozó troposfèric pronosticat per AQM.cat envers la mesura a les estacions de la XVPCA.

5.2. Incorporació de la correcció de la desviació model – mesura

Els pronòstics meteorològics en fase operativa incorporen, des de ja fa alguns anys, un tractament de correcció basant-se bàsicament en la desviació entre els resultats del model meteorològic i els valors de les variables superficials observades a les estacions de mesura, com podria ser per exemple la temperatura. Aquest post-processat, millora sensiblement els pronòstics meteorològics i la principal raó d'aquesta utilització, és que després de dècades de refinaments i millores dels models meteorològics, aquests encara presenten errors físics significatius.

Pel que respecta a la previsió de la qualitat de l'aire, aquesta és el resultat d'un procés de simulació numèrica integrada per models meteorològics, d'emissió i fotoquímics com hem vist anteriorment. Aquests resultats, per tant, presenten una sèrie d'incerteses associades a l'estat del coneixement científic de la física i la química de la contaminació, i de la qualitat de les dades d'entrada del sistema de modelització. En especial, els models/inventaris d'emissió que s'utilitzen de forma integrada en aquests sistemes de modelització, acostumen a ser els principals propagadors d'aquesta incertesa, en part per la dificultat que suposa conèixer en cada instant de temps i en cada punt de l'espai les emissions reals. Així, nombrosos estudis de sensibilitat (Hanna et al., 1998; 2001; Baertsch-Ritter et al., 2003) han demostrat la gran influència de les emissions en els resultats dels models de qualitat de l'aire. L'existència doncs d'aquestes incerteses podríem dir que és la primera raó per la que el doctorand va decidir implementar i incorporar una correcció a les previsions que està basada en la desviació entre els resultats del model i les mesures.

La segona raó que el doctorand dona per introduir la desviació entre els resultats del model i les mesures, és que les concentracions resultants del sistema de previsió són concentracions mitges sobre un àrea igual a la resolució del model, i han de ser diferents de les concentracions observades a les estacions de mesura. Per últim, s'hauria d'afegir que si a més l'estació de mesura no és del tot representativa de l'àrea que considera el model, el comportament del model pot ser molt diferent del que assenyala l'estació de mesura, i en aquests cas, encara serà més necessari la utilització de metodologies de correcció d'aquesta desviació.

S'ha de ressaltar que aquest tipus de correccions no pretenen la millora dels sistemes de modelització (com seria AQM.cat), però que si proporcionen millores en les previsions podent arribar a ser tècniques molt útils sempre que s'avaluïn convenientment. Així, acoblant el sistema de modelització AQM.cat amb tècniques d'avaluació de la correcció deguda a la desviació entre els models i les mesures, s'implementa el sistema de previsió AQF.cat.

5.2.1. Metodologies de correcció

Diverses metodologies de correcció de la desviació s'han incorporat als models de previsió recentment (McKeen et al., 2005; Wilczak et al, 2006; Kang et al., 2008, 2010; Djalalova et al., 2010), obtenint millores sensibles dels pronòstics dels models. Així, el doctorand ha considerat necessari incorporar algunes de les metodologies proposades en l'anterior bibliografia a les prediccions realitzades durant els períodes de simulació. Les correccions s'han incorporat tant als valors horaris com als valors màxims 1-h d'aquest contaminant secundari.

51 estacions de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) gestionades pel Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya que mesuraven el contaminant ozó troposfèric, han estat considerades en l'aplicació d'aquestes metodologies. Sobre aquestes dades, s'han eliminat aquells valors observats considerats fora de rang. Les estacions de la XVPCA proporcionen valors semihoraris que mitjançant mitjana simple es passen a valors horaris.

De les diverses metodologies existents, s'ha decidit incorporar tres en concret: mètode del *mean subtraction* MS (McKeen et al., 2005), mètode del *ratio adjustment* (McKeen et al., 2005) i mètode del *hybrid forecast* HF (Kang et al, 2008). Cadascun d'aquests tres mètodes, a partir de la concentració pronosticada pel model C_m i observades a les diferents estacions de la XVPCA C_o , calculen una concentració corregida, que anomenarem MS, RA i HF respectivament.

A continuació explicitem els tres mètodes¹² considerats en la correcció dels pronòstics del model amb els valors mesurats de la XVPCA.

Mètode 1 – Mean Subtraction MS (McKeen et al., 2005)

$$MS(i, h) = C_m(i, h) - MB(i, h) \quad (5.2)$$

$$\text{on } MB(i, h) \equiv \frac{1}{N} \sum_d [C_m(i, h, d) - C_o(i, h, d)]; \quad (5.3)$$

C_m és la concentració del model

C_o és la concentració observada

i correspon a cada punt del domini on existeix estació de mesura

h correspon a l'hora quan s'aplica sobre valors horaris

d correspon al dia que es considera.

N és el número de dies anteriors que es consideren per avaluar el *mean bias* MB.

Mètode 2 – Ratio Adjustment RA (McKeen et al., 2005)

$$RA(i, h) \equiv C_m(i, h) \cdot \frac{\sum_d C_o(i, h, d)}{\sum_d C_m(i, h, d)} \quad (5.4)$$

Mètode 3 – Hybrid Forecast (Kang et al, 2008)

$$HF(i, h) \equiv C_o(i, h)_{t-\Delta t} + (C_m(i, h)_t - C_m(i, h)_{t-\Delta t}) \quad (5.5)$$

on Δt són 24h de diferència entre un dia i un altre.

En els mètodes 1 i 2 el número de dies anteriors N (longitud de la correcció de la desviació) que es considera en l'estudi són 10, ja que segons Wilczak et al., 2006, a partir de considerar els 7 dies anteriors o més, la evolució d'alguns paràmetres estadístics com el coeficient de correlació lineal o l'error quadràtic mig, es mantenen pràcticament constants.

Segons la metodologia 3, la diferència entre els resultats del model entre dos dies consecutius, indiquen amb suficient claredat els canvis que les observacions haurien d'experimentar.

¹² Es mantenen els noms en anglès originals tal i com es defineixen en la bibliografia utilitzada.

S'ha observat que depenent de la persistència de les situacions meteorològiques, i del tipus de situacions meteorològiques pròpiament, funcionen millor un o d'altre mètode, pel que es creu necessari obtenir les diferents correccions com a eina útil de previsió.

Com ja hem comentat anteriorment, aquests mètodes s'apliquen sobre els resultats horaris, tenint en compte els valors de la mateixa hora dels dies anteriors, i també s'aplica sobre els valors màxims 1-h dels dies anteriors, per tal d'obtenir un millor ajust degut a que el llinard d'informació a la població està relacionat amb aquest paràmetre. Durant l'anàlisi estadístic per valors discrets del capítol 6 tindrem oportunitat d'avaluar la millora que suposa la incorporació d'aquesta correcció del model sobre els pronòstics finals de l'ozó troposfèric.

Finalment, aquests resultats del model ja corregits, ens proporcionen la informació corregida dels punts del model on tenim estacions de mesura, però tan sols tenim informació de la realitat en 51 estacions de mesura, mentre que existeixen 8281 cel·les del domini d'aplicació del sistema de modelització (D3). Per aquest motiu, és necessari l'aplicació d'un mètode d'interpolació per aconseguir que la correcció de la desviació en els punts de mesura tingui una influència geogràfica. El doctorand té experiència anterior (Arasa, 2007b) en l'aplicació d'aquest tipus d'anàlisi i es va decidir incorporar un anàlisi objectiu¹³ segons interpolació òptima amb correccions successives i funció pes de Cressman (Thiébaux et al., 1987).

$$C_m(j, h)_{BC} = C_m(j, h) + \sum_i h_{ij} (C_m(i, h)_{BC} - C_m(i, h)) \quad (5.6)$$

on $C_m(j, h)$ és la concentració del model per tots els punts j del domini i les hores h ; $C_m(j, h)_{BC}$ és la concentració del model corregida amb les observacions per tots els punts j del domini i les hores h (té correspondència directe amb els valors obtinguts a 5.2, 5.4 i 5.5); i correspon a cada estació de la XVPCA; i h_{ij} és la funció de Cressman normalitzada.

La funció pes de Cressman ω (5.7) tindrà dependència amb la distància. Per aquest motiu dins de l'algoritme de correcció de la desviació entre el model i la mesura s'inclou un algoritme de càlcul de la matriu de distàncies (s_{ij}) entre tots els punts i de la XVPCA i cada punt j correspon al punt mig de cada cel·la del domini. Així, si coneixem les coordenades latitud i longitud de cadascun dels punts i, j , utilitzant el mètode de Puissant¹⁴ (Bomford, 1980; Vanicek i Krakiwsky, 1986) de triangulació podem conèixer la distància entre cadascun d'aquests punts.

$$\omega(s_{ij}) = \frac{d_{\max}^2 - s_{ij}^2}{d_{\max}^2 + s_{ij}^2} \text{ si } s_{ij} < d_{\max} \quad ; \quad \omega(s_{ij}) = 0 \text{ si } s_{ij} \geq d_{\max} \quad (5.7)$$

on d_{\max} correspon a la distància màxima a partir de la qual el valor de $C_m(i, h)_{BC}$ deixa de tenir influència sobre el camp escalar de base en la interpolació $C_m(j, h)$. Aquesta

¹³ Procés que transforma la informació de diferents observatoris distribuïts aleatòriament a punts distribuïts uniformement sobre un domini.

¹⁴ Recomanat per la *U.S. Coast and Geodetic Survey*

distància màxima es determinà igual a 75km a partir de les conclusions extretes testejant diferents opcions i comprovant l'efecte que tenia sobre la distribució geogràfica. Es va procedir a eliminar alguns valors de $C_m(i, h)_{BC}$ del mètode d'interpolació i es va ajustar la d_{\max} a aquella que més fidelment reproduïa aquests valors no considerats en la interpolació. D'altra banda, la funció de pes de Cressman s'aplica a 5.6 normalitzada i amb un terme d'optimització $\overline{s_{ij}}$ (5.8) que permet que el procés iteratiu convergeixi més ràpidament. Finalment la funció de pes de Cressman pren la expressió matemàtica de 5.9.

$$\overline{s_{ij}} = \frac{d_{\max} - s_{ij}}{\frac{d_{\max}}{2}} \quad (5.8)$$

$$h_{ij} = \overline{s_{ij}} \frac{\omega(s_{ij})}{\sum_i \omega(s_{ij})} \quad (5.9)$$

A la figura 5.8 es presenta la sortida gràfica del sistema AQF.cat una vegada s'ha aplicat la correcció de la desviació entre el model i la mesura sobre els pronòstics d'ozó troposfèric per cadascuna de les metodologies de correcció aplicades. D'aquestes imatges s'observa com els valors més alts d'ozó previstos per AQM.cat al quadrant nord-est de Catalunya es mantenen com els valors més alts de Catalunya en el cas de les correccions, i augmentant aquests valors segons les metodologies MS i RA i disminuint-los en HF. També s'observa com augmenten els valors previstos d'AQF.cat envers AQM.cat a tot l'oest del territori, corresponent a les majors desviacions entre la previsió del sistema AQM.cat i les observacions dels dies anteriors, i per tant, on major incertesa el sistema presenta. En el capítol següent es validen els resultats i es comenta la millora que suposa l'aplicació d'aquesta incorporació al sistema de previsió.

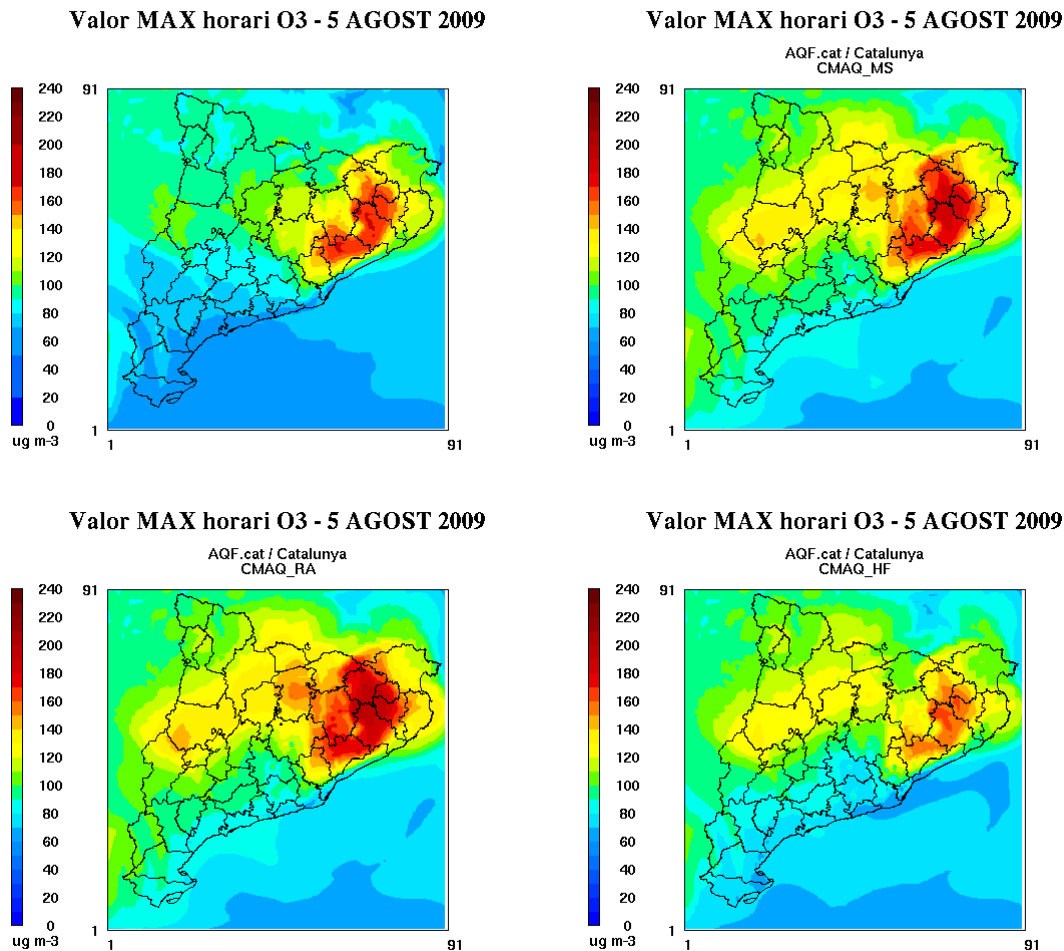


Figura 5.8. Valors màxims d'ozó al domini D3 segons els sistemes AQM.cat (superior esquerra) i AQF.cat amb *mean subtraction* (superior dreta), *ratio adjustment* (inferior esquerra) i *hybrid forecast* (inferior dreta).

5.3. Participació en la gestió i difusió dels resultats

Durant la participació en les Campanyes d'Ozó Troposfèric realitzades en col·laboració pel grup MAiR, el Servei Meteorològic de Catalunya i la Generalitat de Catalunya utilitzant el sistema de previsió de la qualitat de l'aire AQF.cat, el doctorand ha tingut la oportunitat de contribuir a la comunicació dels resultats de la previsió als tècnics del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya i al públic en general via web.

Així, ha participat en la creació d'un manual d'estil per tal d'oferir una informació detallada, clara i entenedora sobre la previsió dels nivells d'ozó troposfèric (http://www4.ub.edu/mair/campanya_ozo/manual_estil_2010.pdf), que correspon al valor màxim d'ozó que es preveu arribar a qualsevol punt de l'àrea de Catalunya durant un dia. A aquest valor d'ozó màxim diari, segons el manual d'estil, se li assigna un determinat nivell: baix, moderat, alt o molt alt, segons un rang de valors expressats en microgrames per metre cúbic (figura 5.9). I per assignar un determinat nivell d'ozó a cada comarca o zona de qualitat de l'aire, tal i com les defineix la Generalitat de

Catalunya, es requereix que més del 50% de l'àrea d'aquesta delimitació territorial, presenti valors màxims d'ozó dins d'aquest determinat nivell

Zona de Qualitat de l'Aire (ZQA)	Nivell O3
Àrea de Barcelona	Baix
Vallès-Baix Llobregat	Moderat
Penedès-Garraf	Baix
Camp de Tarragona	Baix
Catalunya Central	Baix
Plana de Vic	Moderat
Maresme	Baix
Comarques de Girona	Moderat
Empordà	Moderat
Alt Llobregat	Moderat
Pirineu Oriental	Moderat
Pirineu Occidental	Baix
Prepirineu	Moderat
Terres de Ponent	Moderat
Terres de l'Ebre	Baix

Nivell O3	Valor horari ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Molt Alt	> 240
Alt	171-240
Moderat	111-170
Baix	≤ 110

Figura 5.9. Nivells d'ozó per zones de qualitat de l'aire definits en la previsió AQF.cat.

Juntament amb la taula de previsió per zones de qualitat de l'aire, el doctorand va implementar uns mapes de previsió amb aquestes distribucions geogràfiques que incorporen una simbolització particular. Explícitament, incorporen una previsió d'aquells punts de mesurament de la XVPCA (figura 5.10). El doctorand es va encarregar d'implementar el programari necessari per passar de la sortida d'AQM.cat ja post-processada, als valors que determinen el nivell d'ozó per cada zona de qualitat de l'aire i el mapa associat.

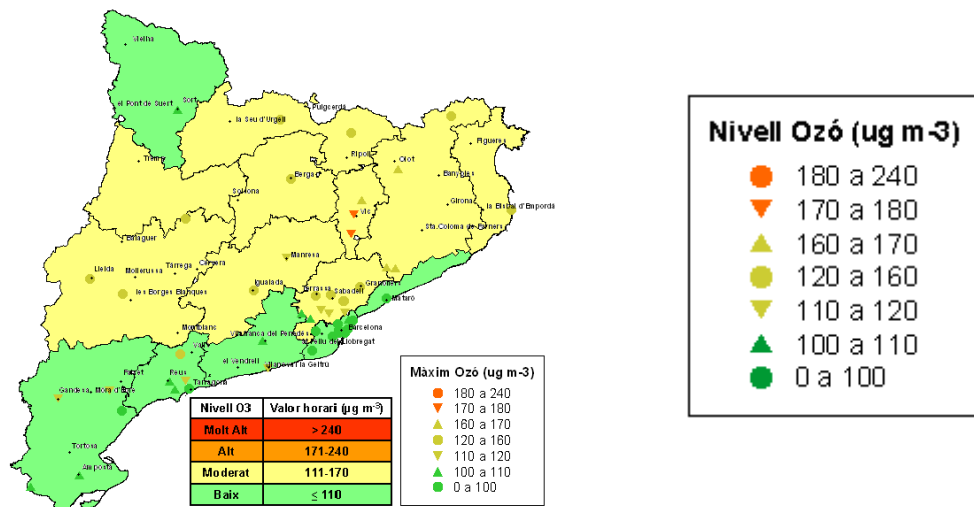


Figura 5.10. Nivells d'ozó pels punts de mesurament de la XVPCA definits en la previsió AQF.cat.

Per complementar la informació dels nivells d'ozó, el doctorand en col·laboració amb la resta d'integrants del grup MAiR també va elaborar un mapa d'avís (figura 5.11) en cas que es prevegi la superació d'algun dels llindars legiscats que tenen relació amb l'ozó troposfèric. Així, una zona de qualitat de l'aire presenta un avís de nivell groc quan es preveu que en qualsevol punt de la seva àrea es superi el valor objectiu a llarg termini per a la protecció de la salut (mitjana mòbil 8-horària superior a $120\mu\text{g m}^{-3}$). El nivell taronja correspondrà a les situacions en les que es preveu superacions del llindar d'informació a la població ($180\mu\text{g m}^{-3}$ en una hora). I el nivell vermell correspondrà a superacions del llindar d'alerta ($240\mu\text{g m}^{-3}$ en tres hores consecutives). En cas que no es prevegi cap superació d'aquests tres nivells, la zona de qualitat de l'aire té assignat un nivell verd.

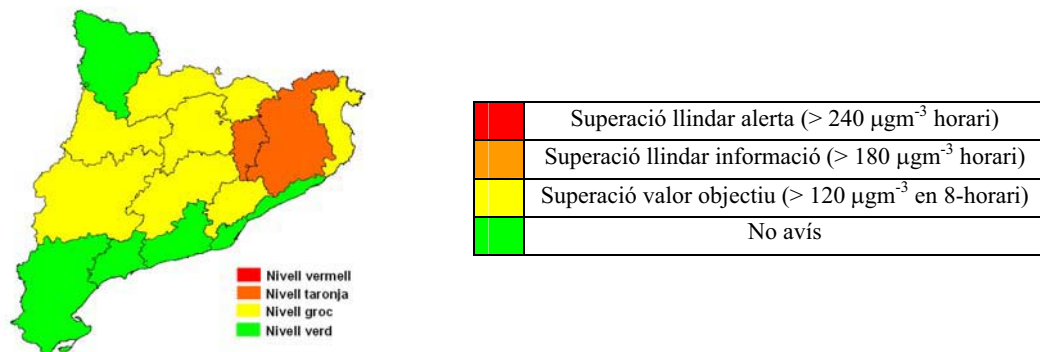


Figura 5.11. Mapa d'avís per ozó troposfèric.

Des de fa un any, el grup MAiR on el doctorand ha realitzat la tasca de recerca d'aquesta tesi, ja disposa d'una web pròpia de grup on es publiquen els resultats dels sistemes de modelització i previsió de la qualitat de l'aire AQM.cat i AQF.cat (www.ub.edu/mair). En el procés de creació d'aquesta web dissenyada per SolucionesUno S.A. el doctorand ha tingut una participació activa i marcada, sent actualment l'administrador d'aquesta i havent contribuït a gran part del contingut que en ella es mostra.