

La meteorologia a Catalunya, València i les Illes Balears: Els darrers vint-i-cinc anys

Climent Ramis Noguera

Grup de Meteorologia. Departament de Física. Universitat de les Illes Balears. 07122 Palma de Mallorca
cramis@uib.es

Aquest article tracta de la situació de la meteorologia a Catalunya, València i les Illes Balears cap allà els anys vuitanta. També es posa de manifest el fort desenvolupament que ha experimentat comparant l'estat actual amb el de fa aproximadament vint-i-cinc anys. Es comenten separadament les millores en la meteorologia operativa, la recerca i la docència. Les condicions actuals es poden considerar molt favorables per a un nou i fort desenvolupament durant els propers anys.

1 Introducció

La meteorologia, com a ciència que estudia l'atmosfera com a sistema físic i la seva relació amb els fenòmens atmosfèrics i que té com a finalitat darrera la previsió del temps, ha sofert, a escala mundial, durant els darrers vint-i-cinc anys, un desenvolupament extraordinari, com ho han fet pràcticament la totalitat de les branques de les ciències físiques. Les raons que han permès fer aquest salt tan important són diverses, com ara la consolidació de la meteorologia com una vertadera ciència física, una part molt particular de la física de fluids en la qual els desenvolupaments teòrics iniciats a principi del segle XX (Bjerknes, Richardson), continuats els anys quaranta (Rossby, Charney, Eady, etc.) i durant tota la segona meitat del segle XX, han resultat decisius; l'augment continu de la capacitat de càlcul i d'emmagatzemament dels ordinadors; la xarxa de comunicacions d'alta velocitat; la millora de les tècniques numèriques d'integració de les equacions que regeixen el moviment atmosfèric; la incorporació als models numèrics de parametritzacions, cada vegada més ajustades, dels processos físics que es produeixen a l'atmosfera; el desenvolupament tecnològic en general i la seva aplicació a l'observació remota de l'atmosfera pels satèl·lits i el radar en particular. Però també, i no es pot oblidar, la formació acadèmica de les noves generacions de meteoròlegs, conseqüència de l'impuls que universitats i serveis meteorològics han donat als estudis i a la recerca en una disciplina que està ben arrelada dins la societat i a la qual es demanen més productes útils per a la major part de les activitats humanes, tant industrials i agrícoles com professionals, esportives o d'oci. Com a tot l'Estat espanyol, a Catalunya, València i les Illes Balears la meteorologia, els darrers vint-i-cinc anys, també ha tingut un desenvolupament molt notable. En molts aspectes ha arribat a un estat comparable a l'existent en bastants països

europaus i, sens dubte, per sobre d'alguns altres. Es pot assegurar que quasi s'ha assolit el nivell dels països més avançats en aquesta ciència, com ara França, Anglaterra o Alemanya. En cert sentit, podríem dir que l'evolució de la meteorologia ha estat espectacular, ja que a principis dels vuitanta la situació, analitzada actualment de manera objectiva, estava molt allunyada de la de la meteorologia dels països europeus occidentals, en els quals es dedicaven importants recursos a la recerca i millora de les prediccions des de feia dècades. Un exemple: durant els anys setanta, es va impulsar la creació del Centre Europeu per a la Predicció del Temps a Mitjà Termini (*European Center for Medium Range Weather Forecast, ECMWF*), que va començar les seves tasques cap allà l'any 1979. Els principals impulsors del centre, situat a Reading (Regne Unit), van ser Alemanya i Anglaterra. Malgrat que Espanya en va ser membre des de l'inici, la contribució quant a personal científic fou pràcticament nul·la.

2 Els anys vuitanta

Cal fer una distinció entre la meteorologia operativa, la docència i la recerca. La meteorologia operativa és la destinada a fer un seguiment del temps i a produir prediccions de caràcter general o específic per a usuaris concrets, com les destinades al transport aeri o marítim, sense oblidar les prediccions destinades a la defensa nacional. La meteorologia operativa a Catalunya, València i les Illes Balears, com a tot l'Estat espanyol, era competència estatal. L'Institut Nacional de Meteorologia (INM), successor del Servei Meteorològic Nacional, n'era l'organisme responsable. Moltes tasques estaven centralitzades a Madrid, a la seu central. A Catalunya, València i les Illes Balears hi havia centres meteorològics territorials, a més d'oficines de predicció i centres d'observació als principals aeroports. També hi havia oficines d'observació a altres indrets, en

concret a les capitals de província.

Seguint les indicacions de l'Organització Meteorològica Mundial (OMM), les observacions meteorològiques de caràcter sinòptic als observatoris en superfície (vent, pressió, tendència baromètrica, temperatura, punt de rosada, núvols, temps present, temps passat, etc.) es feien cada 3 hores (00, 03, 06, etc. UTC), i les de caràcter aeronàutic, cada 30 minuts. A Palma, una estació de radiosondatge, de maneig absolutament manual, determinava la distribució vertical de la temperatura, de la humitat i del vent a les 00 i a les 12 UTC (figura 1). Els sondejos, per la manera d'extraure la informació dels senyals de la radiosonda, eren quasi artesanals. Aquesta estació es va substituir per una de semiautomàtica que encara requeria la presència de tècnics per dur a terme l'observació. Les observacions, de forma codificada, es llançaven als corresponents circuits de comunicacions per ser difoses mundialment a través de teletip.

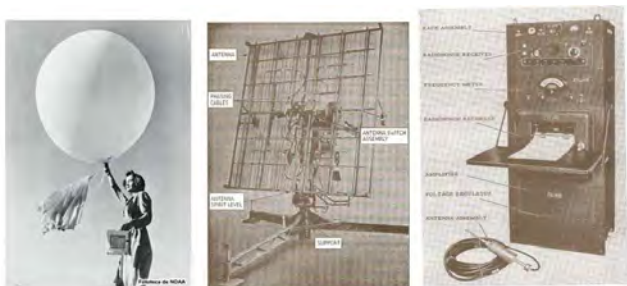


Figura 1: *Components de la primera estació de radiosondatges de Palma. Es pot veure el globus portador de la radiosonda, el radioteodolit de seguiment del globus i el registrador dels senyals rebuts de la radiosonda.*

Les prediccions dutes a terme als centres meteorològics i a les oficines meteorològiques dels aeroports es concretaven en prediccions locals generals i prediccions marítimes costaneres per a 24-48 hores per a premsa i ràdio. Les prediccions aeronàutiques dels aeroports corresponents també es llançaven als circuits de comunicacions per ser difoses mitjançant el teletip cada 3 hores, cobrint un període de predicció de 9 hores.

Per a les prediccions es treballava d'una manera força manual i absolutament carregada de subjectivitat. Les anàlisis, conegudes com a mapes del temps, es construïen amb llapis i goma d'esborrar a partir dels informes que es rebien de tot Europa i el nord d'Àfrica mitjançant el teletip. L'anàlisi de l'estructura vertical de l'atmosfera també es feia manualment, amb la transcripció del sondeig a diagrames termodinàmics. Els mapes previstos a 24-48 hores es rebien per facsímil des d'Anglaterra, França o Alemanya. Correspon al principi dels anys vuitanta la integració del primer model numèric espanyol, que es va desenvolupar als serveis centrals de l'INM, un model d'àrea limitada conegut com a LAM (*limited area model*). Les seves pre-

diccions es distribuïen a les oficines de predicció regional per facsímil. Els resultats del model de l'ECMWF, que abastaven deu dies, es rebien únicament a la seu central de l'INM, on es feien les previsions a més llarg termini.

Al Centre Meteorològic de Palma es començà una nova tècnica d'anàlisi dels mapes del temps en superfície: l'anàlisi mesoescalar. A més de dibuixar les isòbares de dos en dos hectopascals (o d'un en un), en lloc dels quatre, que era la norma general, es pretenia fer ressaltar l'efecte de les muntanyes sobre els corrents atmosfèrics, la localització a la Mediterrània occidental de sistemes de pressió de dimensions més petites que les depressions i els anticiclons sinòptics, la identificació de línies de convergència, especialment sobre la mar, per identificar mecanismes de formació de tempestes que produeixen pluges molt intenses. No va ser fàcil convèncer molts meteoròlegs de la utilitat de les noves anàlisis que es duïen a terme.

En aquella època es van instal·lar les primeres estacions receptores de les imatges del satèl·lit geoestacionari Meteosat als centres meteorològics. Es disposava, cada trenta minuts, de les imatges en els tres canals: visible, infraroig i vapor d'aigua.

L'any 1986 es va crear, al Centre Meteorològic de Palma, el primer Grup de Predicció i Vigilància (GPV) de l'INM. Era un pla pilot per fer un seguiment del temps durant les 24 hores els 365 dies de l'any i fer prediccions més ajustades a escala regional. El resultat positiu de l'experiència (en la qual vaig participar) impulsà la implantació de nous GPV a pràcticament la totalitat de les comunitats autònomes. Es dotaren amb els millors recursos de què disposava l'INM. La predicció a curt termini va sofrir un salt qualitatiu important.

També durant els anys vuitanta, al Centre Meteorològic de Palma es va introduir, inicialment en pla experimental i posteriorment de manera operativa, la predicció de les rissagues (oscil·lacions del nivell de la mar dins cales i ports en un període d'uns minuts), ja que la seva causa és meteorològica. A Catalunya, aquestes oscil·lacions del nivell de la mar s'anomenen seixes. Les rissagues se solen produir diverses vegades durant el període calent de l'any i tenen especial importància al port de Ciutadella de Menorca (figura 2).



Figura 2: *Imatges d'una rissaga al port de Ciutadella de Menorca. L'interval entre les dues fotografies és d'uns cinc minuts.*

En el capítol de docència, s'ha de destacar la tasca desenvolupada pel professor Manuel Puigcerver i el seu equip a la Universitat de Barcelona. Jo em compt entre els seus alumnes de principis dels setanta. El nombre d'estudiants de física que seguíem l'optativa de Física de l'Aire cada vegada era més gran. A Palma, el curs 1981-82 es va començar a impartir la llicenciatura de Física, i es va explicar meteorologia dinàmica per primera vegada el curs 1984-85. Ja s'havia incorporat a la UIB el professor Sergio Alonso i encara era notori el deixant del professor Miquel Ballester, que havia partit a la Universitat Complutense de Madrid l'any 1982. A València, el professor Joaquín Melià i el seu equip impartien docència en física de l'atmosfera.

La recerca que es duia a terme estava d'acord amb els recursos disponibles. Hi havia un fort nivell d'interacció entre els meteoròlegs universitaris i els operatius. El nombre de tesis doctorals presentades és apreciable, especialment a Barcelona. A Palma, jo mateix vaig presentar la primera tesi de física a la UIB el 1983. Les relacions internacionals eren febles i el nombre d'articles publicats en revistes de difusió internacional amb índex d'impacte era molt, molt baix. La major part de la recerca meteorològica d'aquests anys s'ha de cercar a les actes de les Assemblees Nacionals de Geodèsica i Geofísica o a la Revista de Geofísica.

Però, afortunadament, durant els vuitanta, anava fent-se més forta cada vegada una altra manera d'entendre la meteorologia i la recerca meteorològica. L'obtenció de projectes de la CAICYT per als grups de recerca universitaris permeté augmentar el nombre d'investigadors. L'INM també va anar perfeccionant el seu model numèric de predicció i es van crear grups de recerca a la seu central i als centres regionals. Al Centre de Palma es va crear el Grup de Recerca de Meteorologia Mediterrània. L'adquisició d'equipament científic adequat, la utilització d'ordinadors potents, la disponibilitat de línies de comunicació ràpides i el convenciment dels investigadors de la conveniència, la necessitat i l'obligació de donar a conèixer els resultats de la recerca duta a terme en el marc dels projectes, impulsaren la submissió d'articles a revistes indexades a l'SCI i la realització de tesis doctorals.

En efecte, el final dels vuitanta va marcar un punt d'inflexió en la meteorologia a Espanya i molt particularment a Catalunya, València i les Illes Balears, on els grups de recerca es mostraven particularment actius.

3 L'estat actual

L'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET), successora de l'INM, continua com a responsable, a escala estatal, de la meteorologia operativa i n'hi ha delegacions a Catalunya, València i les Illes Balears. Es continuen fent les observacions sinòptiques, incloent-hi el radiosondatge de Palma, que actualment és absolutament automàtic (figu-

ra 3), i les aeronàutiques, d'acord amb la normativa de l'OMM. També es fan les prediccions a escala regional a 24-48 hores als GPV respectius, així com les prediccions aeronàutiques dels aeroports corresponents i les marítimes per a les zones costaneres. Els predictors disposen d'una gran quantitat d'informació mitjançant sistemes informàtics de presentació d'informació gràfica. Les anàlisis i les prediccions dels models numèrics operatius en diferents serveis meteorològics de països europeus, incloent-hi els de l'AEMET, els de l'ECMWF, els dels Estats Units i els d'altres institucions, es poden obtenir d'una manera simple i ràpida. Per a la predicció marítima es disposa de la predicció de l'altura de les ones duta a terme per Ports de l'Estat a partir dels camps de vent subministrats pels models de l'AEMET. L'obtenció de camps derivats (per exemple vorticitat potencial, divergència, adveccions de temperatura, de vorticitat, etc.) dels camps fonamentals que donen les anàlisis i els models de predicció per aconseguir una millor representació de l'estat present o futur de l'atmosfera, és immediata. Es poden visualitzar les imatges del Meteosat de segona generació (MSG) obtingudes cada 15 minuts per cada un dels dotze canals o combinacions d'ells (figura 4) i obtenir-ne informació numèrica. Els radars —en cada una de les comunitats autònomes n'hi ha un d'instal·lat (banda C, 5 cm)— també proporcionen informació gràfica i numèrica cada 10 minuts. Es poden consultar en temps real les dades de les estacions meteorològiques automàtiques que s'han instal·lat a les corresponents regions per fer un seguiment del compliment de les prediccions. És difícil, sense oblidar-se de res, fer una enumeració detallada dels recursos disponibles per als predictors. La relació amb defensa civil és molt més gran, de tal manera que es donen avisos de temps perillós amb una escala de colors (verd, groc, taronja i vermell) segons l'impacte que es preveu que pot tenir per a la població. A la pàgina web <http://www.aemet.es/> se'n pot obtenir informació molt detallada per a les comunitats autònomes i fins i tot per a poblacions en particular.

Però l'AEMET ja no és l'única institució que fa prediccions meteorològiques. L'any 2001, la Generalitat de Catalunya creà el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), que ja havia estat en funcionament des de 1921 fins a principis de 1939. L'SMC fa prediccions per a Catalunya a curt termini (24-48 hores) i també a mitjà (8 dies). Disposa d'un model numèric propi de predicció a curt termini i utilitza les prediccions de l'ECMWF per a la resta. Utilitza les imatges de l'MSG per fer el seguiment del temps i compta amb la informació subministrada per una xarxa de quatre radars meteorològics de la banda C que són propietat seva (figura 5). La informació meteorològica s'estén a l'emissió de butlletins especials en cas de predicció de calamarsa o d'allaus de neu. Disposa d'una àmplia xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques que el públic pot visualitzar en temps real a la web de l'SMC. Es fan



Figura 3: Estació de radiosondes actual de Palma. És totalment automàtica, no necessita cap tècnic per fer l'observació.

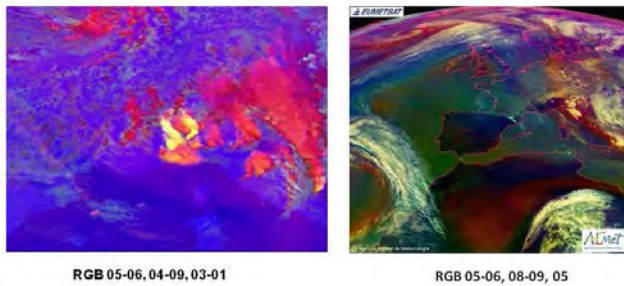


Figura 4: Exemples de productes que es poden obtenir combinant canals de l'MSG. Esquerra: tempestes en desenvolupament. Dreta: masses d'aire.

meteogrames previstos (gràfics de l'evolució de les variables meteorològiques) per a un nombre conjunt de poblacions (figura 6). Quasi una predicció «a la carta» per als usuaris. A més, es duen a terme dos radiosondatges diaris (a les 00 i a les 12 UTC) des de la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona, que es distribueixen per circuit mundial de comunicacions meteorològiques. Gran part de la informació del temps de les televisions catalanes està suportada per l'observació i la predicció de l'SMC. Es pot consultar a la web <http://www.meteo.cat/>.

A les Illes Balears, el Grup de Meteorologia de la Universitat de les Illes Balears manté operatiu un model numèric mesoescalar amb el qual es fan prediccions per a 48 hores. La resolució espacial sobre les Illes és de 2,5 km. Es presenten en forma gràfica de fàcil interpretació un gran nombre de camps escalars i vectorials subministrats pel model (figura 7). No es confeccionen butlletins de predicció, però els resultats es poden consultar a la web <http://mm5forecasts.uib.es/>.

A València, la Fundació Centre d'Estudis Ambientals del Mediterrani (CEAM) també fa prediccions per a la



Figura 5: Xarxa de radars de l'SMC.

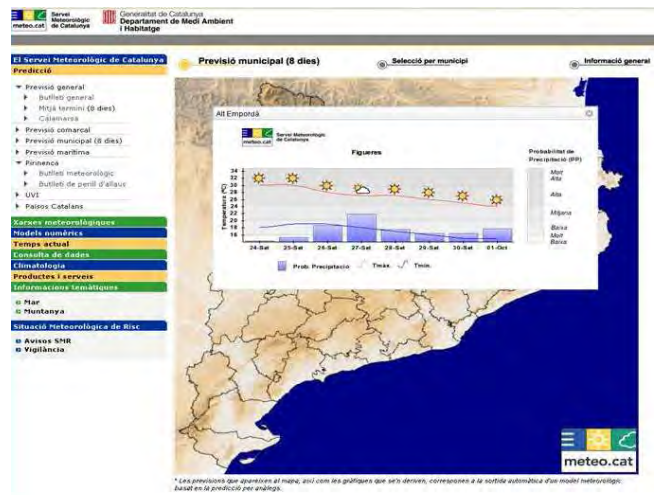


Figura 6: Exemple de meteograma previst per l'SMC.

Comunitat Valenciana utilitzant models numèrics. Disposa d'una àmplia xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques que el públic pot consultar en temps real. Es donen diferents tipus d'avísos de temps perillós per a la població de la comunitat autònoma, en particular el que es refereix a temperatures extremes, tant fredes com calentes. La informació es pot consultar a la web <http://portales.gva.es/ceam/>.

El pas de les prediccions numèriques deterministes (un model, una predicció) a les prediccions probabilístiques (*ensemble prediction system*: predicció per conjunt de possibilitats), posant en pràctica la idea de Lorenz de 1963 que l'atmosfera és un sistema caòtic, és una de les grans

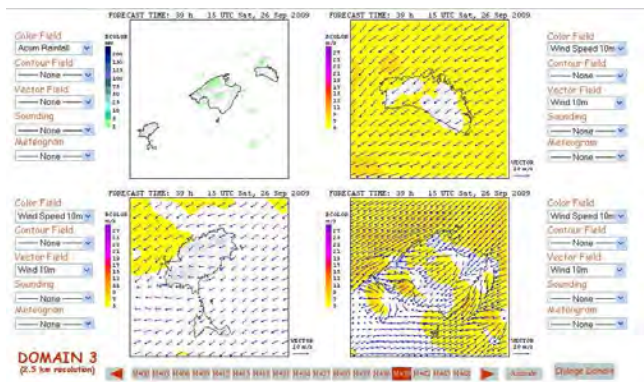


Figura 7: *Format de presentació de les prediccions dutes a terme pel Grup de Meteorologia de la UIB.*

milliores d'aquests últims anys. Les diferents versions de la tècnica: un model, diferents condicions inicials; un model amb diferents parametritzacions dels fenòmens físics; diversos models amb les mateixes condicions inicials; diversos models amb diferents condicions inicials, etc. han permès una aproximació a la predicció en uns termes molt més realistes que la predicció determinista. L'ECMWF fa previsions probabilístiques utilitzant el seu model amb 51 condicions inicials diferents, que posa a la disposició dels estats membres i, per tant, a disposició de les delegacions de l'AEMET a les comunitats autònomes i també de l'SMC. La mateixa AEMET ha desenvolupat un sistema multimodel d'àrea limitada per a predicció a curt termini (fins a 72 hores) anomenat SREPS. Consisteix en un conjunt de vint prediccions que corresponen a cinc models d'alta definició espacial cada un dels quals s'inicialitza amb les condicions inicials corresponents a quatre anàlisis diferents. Els resultats també estan a disposició dels predictors de l'AEMET.

En el capítol de la recerca, la situació és bona i extraordinàriament esperançadora. L'obtenció de beques FPU, FPI i de les mateixes comunitats autònomes per part d'estudiants interessats en la meteorologia es repeteix cada any. Es presenten tesis doctorals sobre la matèria a un ritme més que acceptable. La mobilitat dels estudiants de doctorat i postdoctorat cada vegada és més gran i són freqüents les estades als Estats Units, França, Anglaterra, Alemanya i Itàlia. Es pot dir que la participació dels grups de recerca de les diferents universitats i altres institucions (AEMET, SMC, CEAM) en projectes del Pla nacional d'R+D+I, del Programa marc de la Unió Europea i de les comunitats autònomes és contínua. La publicació d'articles en revistes indexades a l'SCI és la regla general, quan abans era l'excepció. Les comunicacions presentades als principals congressos de la disciplina (EGU, AMS, ECSS, PLINIUS, etc.) cada vegada són més nombroses. El nombre d'investigadors en els grups de recerca està arribant a la massa crítica òptima.

Com a exemple, a la UIB (recordem que els estudis de física començaren el 1982), en el Grup de Meteorologia s'han presentat deu tesis doctorals i n'hi ha quatre més en fase de realització. Els doctors del grup han dirigit quatre tesis doctorals en altres universitats. Els articles publicats en revistes internacionals arriben a 150. Les línies de recerca a les quals el grup dedica més esforços són: fenòmens meteorològics greus a la Mediterrània (figura 8), anàlisi de la seva predictibilitat; influència de la distribució espacial de les observacions en la predicció de fenòmens greus (*target areas*); canvi climàtic i fenòmens greus; capa límit estable.

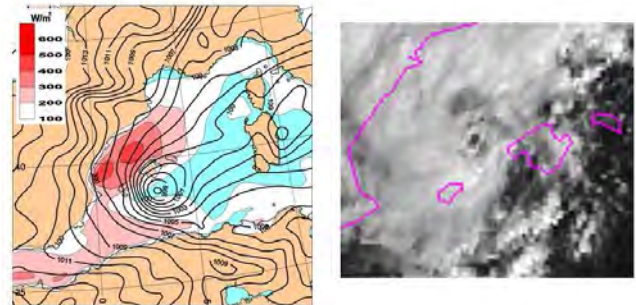


Figura 8: *Esquerra: simulació numèrica d'un cicló de petites dimensions (medicane) desenvolupat a la Mediterrània occidental feta pel Grup de Meteorologia de la UIB. Dreta: imatge del Meteosat del cicló.*

Tal vegada el problema que es presenta per a un futur pròxim és la incorporació dels doctorats als grups de recerca universitaris, a l'AEMET, a l'SMC o al CEAM, d'una manera estable. En particular, pel que fa a les universitats, els que han obtingut l'acreditació per a alguna figura del professorat universitari funcionari o contractat.

Els estudis de meteorologia actualment s'imparteixen en quasi totes les universitats de les tres comunitats autònomes, encara que des de diferents punts de vista i a diferent nivell. Hi ha noves titulacions, per exemple Ciències Ambientals, que han incorporat la meteorologia com una assignatura troncal (en els nous plans d'estudis de grau amb format ECTS, assignatura obligatòria), i altres titulacions de caràcter tècnic també han incorporat estudis ambientals com la dispersió de contaminants, i aquests requereixen coneixements meteorològics. La Meteorologia Física i la Meteorologia Dinàmica continuen impartint-se en els estudis de física. Hi ha universitats catalanes i de la Comunitat Valenciana que ofereixen estudis de màster en aquesta disciplina. El que sí que és significatiu és que gran part del personal que s'incorpora als serveis meteorològics ha cursat estudis de meteorologia a la universitat.

4 Perspectives de futur

La situació actual representa unes condicions inicials favorables per a un nou desenvolupament de la meteorologia a Catalunya, València i les Illes Balears. El nombre d'investigadors és considerable, la formació acadèmica dels meteoròlegs dels serveis meteorològics és cada vegada més bona, la col·laboració entre els serveis meteorològics i la universitat és una realitat i la recerca és d'alt nivell.

Possiblement, durant els propers anys, els temes de recerca que aconseguiran unes prediccions més fiables, tant a curt com a mitjà termini, seguiran alguna de les línies següents:

- Millora de la xarxa d'observacions mitjançant la determinació de sensibilitats (*target areas*).
- Aprofundiment en la metodologia de predicció per conjunt de possibilitats per a previsions a curt termini.
- Millora de les parametritzacions dels processos físics atmosfèrics per a models d'alta resolució espacial.
- Obtenció de nous productes a partir de les dades dels satèl·lits.
- Incorporació a la meteorologia operativa del radar polaritzat.