

LA METEOROLOGIA MEDITERRÀNIA: OBJECTE I PROJECTE D'INVESTIGACIÓ

per

AGUSTÍ JANSÀ I CLAR

Meteoròleg, Dr. en Ciències Físiques, Cap del Negociat
de Predicció del Centre Meteorològic Zonal de Ciutat de Mallorca
(Institut Nacional de Meteorologia)

1. LA METEOROLOGIA MEDITERRÀNIA, OBJECTE INDIVIDUALITZAT D'INVESTIGACIÓ

La meteorologia (i com a conseqüència el clima) de cada regió, cada zona, cada lloc sobre la Terra, és d'alguna manera diferent a totes les altres, perquè hi influeixen una conjunció de factors excessivament complicada perquè tingui reproducció possible. Així, doncs, la meteorologia i la climatologia de cada lloc tenen prou individualitat per a ésser objecte d'investigació; i així és de fet, i la bibliografia per a donar-ne testimoni seria infinita.

Però és ben clar que no per a totes les regions i zones l'individualització té un mateix grau. Ningú no dubtarà, per exemple, que una meteorologia tropical és un ampli i específic tema d'estudi, ple de misteris, d'incògnites, d'aplicacions, amb capítols tan propis com els de la convergència intertropical, els ciclons, els alisis, etc.

Doncs bé, la Meteorologia Mediterrània és una d'aquestes especialment individualitzades i que, per tant, ofereix i exigeix un especial esforç d'investigació.

Des del que ara sabem respecte del tema, tractarem de fer a continuació una petita síntesi d'allò que creiem que són els principals trets de la Meteorologia Mediterrània.

1.1. *Clima mediterrani en sentit general*

Hom parla de clima mediterrani en sentit ampli com d'aquell que reuneix tres característiques principals: no és pròpiament àrid, és temperat i és d'estiu sec. D'acord amb la classificació climàtica de Köppen, el clima mediterrani és, doncs, «Cs».

En aquest sentit, el clima mediterrani és present fora del Mare Nostrum, a Califòrnia, part de Xile, part de Sudàfrica, etc.

El clima mediterrani, tal com per ara ens hi estem referint, és conseqüència de l'alternança de dos tipus principals de circulació atmosfèrica, vistes les coses a gran escala. D'una banda la circulació típica de les zones temperades, on predominen vents de component oest a totes les altures i que té com a característica singular la presència freqüent del front polar i les seves perturbacions ciclòniques mòbils. D'altra banda, la circulació pròpia de la zona subtropical, que a nivells baixos és com dir absència de circulació o presència anticiclònica permanent.

Aquest segon tipus de circulació és predominant a l'estiu a les zones de clima mediterrani i la causa de la seva característica absència estival de pluges.

El primer tipus és predominant —o almenys freqüent— fora de l'estiu i causa de la presència de pluges hivernenques.

Dins aquest marc hem de situar un «Clima mediterrani en sentit restringit» o una «Meteorologia Mediterrània», als quals des d'ara ens referirem.

1.2. *Clima i meteorologia mediterrànica en sentit estricte*

Si ens limitem a l'àrea pròpiament mediterrànica, és a dir, aquelles terres que envolten la nostra mar i les illes que inclou, així com la mar mateixa, haurem de parlar sovint d'algunes matisacions climàtiques que, dins el clima mediterrani, s'hi presenten. Ens referim particularment al màxim pluviomètric autumnal, producte d'intenses precipitacions tempestuoses, causa, alhora, d'inundacions a vegades dramàtiques (València 1957,⁷ el Vallès 1962,^{31, 38} per exemple), i a les ventades locals, que afecten comarques mediterràniques tan freqüentment i intensament que hi esdevenen característica climàtica remarcable, com s'esdevé a l'Empordà, el Rosselló o Menorca, amb la tramuntana, o a Provença amb el *mistral*, o a l'Aragó central amb el *cierzo*, o al golf de Venècia amb el *bora*, etc., etc.

Aquests importants matisos climatològics de l'àmbit mediterrani estricte són els que ens han d'explicar la peculiaritat meteorològica mediterrànica, que n'ha d'ésser l'origen.

És així com esdevé matèria d'investigació de primer ordre l'estudi dels mecanismes meteorològics més propis de la nostra mar.

Inundacions i ventades són manifestacions de mecanismes més primaris, com la inestabilització vertical de l'atmosfera en rebre calor (sensible i latent) de la mar i en presència d'aire fred als nivells alts i la ciclogènesi o formació de depressions.

1.3. *La ciclogènesi mediterrànica*

La ciclogènesi o capacitat per a aprofundir o crear depressions és, del punt de vista meteorològic, la principal característica de la Mediterrànica i, particularment, de la Mediterrànica occidental.

Primer de tot cal dir que la ciclogènesi mediterrànica és la causa principal de les ventades típiques de casa nostra. Però també és causa important de moltes de les grans aiguades tempestuoses tardorenques i de tot temps, encara que hi entrin altres factors. La presència d'una depressió a la Mediterrànica és simultània a moltes de

les grans inundacions a la zona de Múrcia²³ o a Itàlia,³⁷ com també a Menorca,² per a posar només uns quants exemples.

Quant al vent, el lligam físic entre el vent i el gradient de pressió exigeix que a una ventanada correspongui una caiguda forta i localitzada de pressió, és a dir, una activa ciclogènesi local.

De l'existència d'una notable activitat ciclogènica a la Mediterrània, particularment occidental, ningú no en dubta. Alguns dels testimonis més clàssics són els del iugoslau Prof. RADINOVIC²⁸ —les tres quartes parts de les depressions que apareixen a la Mediterrània occidental han nascut allí mateix—, el del Meteorological Office britànic²⁵ —el 91 % de totes les depressions de la Mediterrània sencera són de formació autòctona; 69 % nascudes a la zona del golf de Gènova— i el de PETERSSEN²⁷ —la zona del golf de Gènova és, a l'hivern, la més ciclogènica del món.

I és que no sols és en termes relatius que és important la ciclogènesi mediterrània, sinó en termes absoluts.

Són moltes les depressions que afecten la Mediterrània, la major part, com dèiem, formades aquí, ço que no vol dir que no tinguin relació d'una manera o altra amb el front polar. Així, el Meteorological Office²⁵ ha trobat tan sols 25 dies l'any lliures de depressió, i 50 depressions cada any formades al golf de Gènova. Nosaltres² hem vist que, en vuit anys, una situació atmosfèrica classificable com de depressió tancada s'ha donat 631 vegades, mentre que la situació d'anticicló tancat dins la zona tan sols ha estat identificat 292 vegades. Aquest desequilibri s'accentua a l'època freda.

Conseqüència i una prova més de tot això que hem dit són els mapes de pressió mitjana per a l'hivern i l'estiu publicats per REITER,³² elaborats per METXAS, que mostren que la Mediterrània occidental és una zona d'una mitjana depressionària a l'hivern, amb un centre de 1.015 mb a la mar Tirrena, mentre la Península Ibèrica i l'interior del continent europeu ultrapassen els 1.020 mb. A l'estiu la situació s'inverteix en termes generals. A les Balears hi ha un màxim baromètric d'uns 1.017 mb, mentre a Castella la pressió mitjana és inferior als 1.014 mb, com també ho és a la vall del Po.

1.4. *Ciclogènesi de Gènova*

La ciclogènesi de Gènova o a sotavent dels Alps és considerada la més important de la Mediterrània, per la seva freqüència i per la seva intensitat.

A causa de la ciclogènesi de Gènova es mouen la gran majoria dels temporals marítics mediterranis. Per això, a les obres de síntesi en Meteorologia Mediterrània, hom dedica un espai prioritari a aquest fenomen; per exemple, a les de REITER,^{32, 33} per citar les darreres. El Meteorological Office²⁵ publica mapes de vents forts (de força superior al grau 6 de l'escala de Beaufort) i de temporals (força 8 o més) que ho demostren ben clar. Al golf de Lleó, camí de l'illa de Menorca, hi ha la zona de major freqüència de temporals de la Mediterrània, 6,5 % del total de les observacions, 16 % de les quals donen vent de força 6 o més.

Els vents del «golf» són el nucli principal del sistema eòlic originat per les depressions de Gènova i que en terra és ben complex, abastant des del *mistral* provençal fins al *cierzo* aragonès i el mestral del golf de Sant Jordi, passant per la tramuntana rossellonesa, empordanesa i menorquina. Alguns d'aquests vents han estat descrits prou acuradament i tradicionalment, com la tramuntana menorquina (JANSÀ GUARDIOLA¹⁷), la tramuntana i el mestral catalans (FONTSERÈ⁶) o el *mistral* (REITER³²), amb material recollit per ORIEUX, BOCCHIERI, BRODY i REITER). Alguns autors han tractat de delimitar aquests vents dins llur dimensió marítima, des de MENGEL²⁴ fins a REITER.³² D'aquest sistema de vents i el seu lligam amb les depressions de Gènova, en presentem un esquema a l'Enciclopèdia de Menorca.¹³

1.4. *Circulacions a mesoscala*

No és exclusiu de la Mediterrània que els fenòmens meteorològics es produeixin i manifestin a molt diverses escales, essent les més normalment reconegudes la planetària i la subplanetària, amb longituds característiques de 40.000 i 10.000 km, les sinòptiques,

amb longituds característiques de 5.000 i 1.000 km, les diverses escales subsinòptiques o mesoscales, a les quals poden associar-se longituds típiques des de 500 fins a 5 km, i les microscales, amb longituds característiques inferiors a 1 km, sense límit.

Els fenòmens fins ara descrits o esmentats, pluges torrencials, ventades locals o les ciclogènesis que freqüentment en són la causa immediata, són fenòmens que a vegades es presenten a una escala sinòptica típica i altres vegades ja entren dins una primera escala subsinòptica o mesoscala.

Convé dir ara que a la Mediterrània els fenòmens típicament descriptibles mitjançant les majors mesoscales (500 i 100 km) són especialment freqüents i intensos, probablement per la turmentada geografia de la nostra regió, ço que fa dir a RADINOVIC²⁹ que «els fenòmens del temps a l'àrea mediterrània són més íntimament connectats amb sistemes de circulació a mesoscala que no amb els de gran escala». Aquests mesosistemes són freqüentment el resultat d'una interacció entre les circulacions a gran escala i les cadenes muntanyenques que envolten la nostra mar. Aquest mecanisme explica que la majoria dels sistemes a mesoscala (que poden ésser en nombre del miler l'any, 500 d'«alta» i 500 de «baixa»,²⁹ tinguin unes localitzacions geogràfiques molt definides i persistents,^{29, 16} la qual cosa implica una gran personalitat en el règim climatològic de vents a la majoria d'observatoris costers de la Mediterrània.

Poc sabem d'aquells mesosistemes que sembla mantenir la convecció i que pot haver originat l'orografia, la discontinuïtat de la costa o la presència de les illes, i que poden ésser causa dels més violents i sorprenents temporals¹¹ i també de fluctuacions a la velocitat i direcció del vent d'algunes hores de període.⁵

Com tampoc no sabem gaire dels mesosistemes de les més petites mesoscales (50 o 10 km de longitud característica), que semblen la causa de fluctuacions de pressió i vent d'alguna desena de minuts de període i que poden ésser origen de les sobtades variacions del nivell de la mar que a vegades han posat en delicada situació a les embarcacions amarrades a ports que, pel fet d'ésser mediterranis, no coneixen de mareas importants, com Barcelona⁴ i Ciutadella de Menorca.¹⁵

2. AVANÇOS EN METEOROLOGIA MEDITERRÀNIA

L'esforç d'investigació que a nivell internacional s'està fent per a avançar en el coneixement de la Meteorologia Mediterrània cal dir que és i ha estat important. També a casa nostra s'han fet importants contribucions, però tal vegada hauríem de dir que, malauradament, la feina que aquí s'ha fet ha estat molt personalitzada i freqüentment desconnectada de la que es feia a fora.

Com a confirmació d'això que diem aportarem una petita prova. A la *Bibliografía Meteorològica Española* de HUERTA⁹ hi ha un índex geogràfic, en el qual sota l'epígraf «Mediterráneo» hi ha 110 cites, mentre que a «Cantábrico» n'hi ha 4 i a «Atlántico», 10. D'altra banda, els epígrafs «Baleares», «Barcelona» y «Cataluña» ocupen una extensió relativa molt gran.

2.1. L'acció internacional

No volem, ni podríem, presentar una relació dels estudis que sobre la Meteorologia Mediterrània s'han fet i es fan fora d'Espanya. Tan sols volem destacar algunes fites que creiem que han fet anar molt endavant aquests estudis.

No ens referirem a la «prehistòria», on hauríem de trobar, tanmateix, figures individuals ben destacades, sinó a temps relativament recents.

Així, caldrà parlar primer del Seminari de Roma del 1958, organitzat per la UNESCO i la OMM (Organització Meteorològica Mundial), esforç de coordinació internacional cap a una comprensió de la Meteorologia sinòptica mediterrània.³⁶

Del 1962 és la més clàssica de les obres de síntesi sobre el tema, *Weather in the Mediterranean*, preparada pel Meteorological Office, a què ja ens hem referit repetidament.²⁵

Mentrestant, una important recopilació de dades havia estat recollida per l'Institut Neerlandès de Meteorologia.³⁵

D'altra banda, encara independentment, un equip de treball feia importantíssims progressos des de Iugoslàvia (p. ex., 28).

Un estudi internacional, sota els auspicis de la NATO, tindrà

Itàlia com a principal escenari i el director del seu Servei Meteorològic, general Giorgio FEA, com a director de l'estudi. L'objectiu era el central de la Meteorologia Mediterrània, la ciclogènesi de sotavent dels Alps o ciclogènesi de Gènova. Eren els anys 1963-65.

Pel juny de 1970, a la «Navy Weather Research Facility», a Norfolk, Virginia, hi hagué una reunió sobre Meteorologia Mediterrània, per iniciativa del Comandament de la Sisena Flota americana, que comptà, entre d'altres, amb la presència de FEA, METAXAS, NANIA (d'Itàlia), ORIEUX i REITER. D'aquí sortiren les més actuals obres de síntesi sobre el nostre tema.^{32, 33}

L'any 73 hi hagué a Venècia un Seminari sobre meteorologia a mesoscala, auspicat per la UNESCO i el Consell Italià d'Investigacions Científiques, el qual, dirigit per CHARNEY, tornà a donar una gran importància al tema de la ciclogènesi de Gènova.

Pel maig de 1976 l'Escola Internacional de Física Atmosfèrica del Centre de Cultura Científica «Ettore Majorana» organitzà el seu tercer curs amb el títol «Meteorologia de la Mediterrània», a Erice (Sicília), dirigit per NANIA i amb el suport del Govern Italià i del Govern Regional Sicilià. Entre altres mestres hi participaren RADINOVIC, METAXAS, ORIEUX i FONS, REITER, BLECK i BRODY, els egipcis BANOUB i HASSAN i un bon grapat d'italians (FEA, CENA, NANIA, PALMIERI, LA VALLE, TODISCO, etc.). A partir d'aquí es constituí, dins el Centre «Ettore Majorana», l'Escola Internacional de Meteorologia Mediterrània, que ja ha fet dos cursos, el primer sobre previsió a curt i a llarg termini, l'any 1979 (abril-maig), i el segon el passat novembre, sobre meteorologia satellitària aplicada a la Mediterrània.

Per al període que va del setembre del 81 al setembre del 82 és previst de dur a terme un experiment internacional, anomenat ALPEX, que té com a objectiu principal l'estudi de la influència dels Alps sobre la circulació atmosfèrica i, particularment, sobre la ciclogènesi de Gènova. ALPEX és un dels experiments «regionals» del GARP (Global Atmospheric Research Program), avui lligat al PMIC (Projecte Mundial d'Investigació sobre el Clima) a través del CCC, un Comitè Científic Coordinador, ambdós projectes, esforç científic suprem de l'OMM.

2.2. *Estudis de la Meteorologia Mediterrània a Espanya*

Malgrat tenir Espanya una façana mediterrània tan important, no s'ha mantingut a la primera línia de l'investigació en Meteorologia Mediterrània, com hauria d'haver estat. Sobretot ha estat desconnexada des que aquests estudis han anat prenent una coherència internacional, des del decenni dels 60, com hem vist abans.

Hi havia hagut a Espanya científics de categoria dedicats a l'estudi de la Meteorologia Mediterrània. Així, de la bibliografia de l'Acadèmic Dr. EDUARD FONTSERÈ, que fou director de l'efímer Servei Meteorològic de Catalunya, podríem citar des d'una breu síntesi sobre el tema³ fins a l'anàlisi d'aspectes molt concrets, com l'esmentat de les «seixes»,⁴ passant pel també citat estudi de la tramuntana i el mestral.⁶

De JANSÀ I GUARDIOLA hi ha una sèrie de títols ben clarament de Meteorologia Mediterrània, *Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental*,¹⁸ *La masa de aire mediterránea*,¹⁹ *El frente mediterráneo*,²⁰ *La corriente en chorro mediterránea*²¹ i una síntesi descriptiva ben vàlida encara en molts aspectes, *Meteorología del Mediterráneo occidental*.²²

L'aïllament en què foren fets tots aquests estudis i alguns altres no citats, d'altres autors, els condemnava en cert grau a una feble validesa de cara al desenvolupament futur.

De tota manera hi ha, en alguns d'aquests treballs, idees que encara són verges, per aprofitar, i que creiem que han de donar prou fruit. Com també hi ha idees que poden ésser ben renovadores a MIRÓ-GRANADA,²⁶ per posar un sol exemple d'altres autors.

A Barcelona la interrompuda tradició de FONTSERÈ fou retrobada al Centre Meteorològic per TOMÀS QUEVEDO,^{38, 39} i es renovà posteriorment a l'ombra del Prof. PUIGCERVER, a la Universitat. Una tesi doctoral, ALONSO,¹ és ben en línia amb allò que hom feia fora.

Amb una influència catalitzadora-coordinadora del Prof. BALLESTER podríem dir que aproximadament des de l'any 75 s'havia anat formant un grup d'estudi de la Meteorologia Mediterrània, amb vocació d'integració dins els corrents internacionals. Al curs de Sicília del 76, hi participaren BALLESTER i JANSÀ CLAR, presentant-hi un

avanç d'allò que més tard seria tesi doctoral, sobre la ciclogènesi mediterrània, llegida a la Universitat Autònoma de Barcelona el 1978.¹² El 1979 hi ha una col·lecció de contribucions sobre Meteorologia Mediterrània a la III Asambleu Nacional de Geodesia y Geofísica, a Madrid,^{30, 8, 12}. BALLESTER, RAMIS i GAYA participaren també al 1r. curs de l'Escola Internacional de Meteorologia Mediterrània de Sicília.

El grup, amb seu a Ciutat de Mallorca, confia d'ésser la llavor d'un Institut de Meteorologia Mediterrània, que mai no arriba, mentre hom continua treballant a la Universitat de Ciutat i al Centre Meteorològic Zonal.

No participem al 2n. curs de l'Escola de Sicília, bé que hi ha una meteoròloga espanyola, Pilar SANJURJO.

En un intent de conscienciar l'estament meteorològic nacional sobre les dimensions científiques del tema, des de l'Associació Meteorològica Espanyola (AME) fou organitzat i celebrat un «I Congrés de Meteorologia Mediterrània» a Menorca, dins les «XI Jornades de l'AME», del 10 al 12 d'octubre passat. Les contribucions presentades foren:

- GUIJARRO PASTOR, J. A.: «Clima y vegetación en el Mediterráneo».
- JANSÀ CLAR, A.: «Ciclogénesis mediterránea. Una visión a escala sinòptica».
- JANSÀ CLAR, A.: «Distribución de la presión a mesoscala en el Mediterráneo occidental».
- LINÉS ESCARDÓ, A.: «Posible incidencia de las convergencias intertropicales en el Mediterráneo occidental».
- LINÉS ESCARDÓ, A.: «Simultaneidad de condiciones de inoperatividad en diversos aeropuertos del mediterráneo occidental».
- MARTÍN VIDE, J.: «Estudio de frecuencias de precipitaciones en observatorios del Mediterráneo occidental».
- MEDINA ISABEL, M.: «Criterios iniciales para el pronóstico de meteoros catastróficos en el Mediterráneo occidental».
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J.: «Notas para una meteorología del Mediterráneo occidental».

- RAMIS NOGUERA, C.: «Temporales mediterráneos de difícil diagnóstico y pronóstico sin ayuda de mesoanálisis».
- RASO NADAL, J. M.: «Tipos sinópticos para el estudio del clima balear y mediterráneo. El caso de las advecciones septentrionales».

I dues més en el postcongrés sobre Agrometeorologia Balear a ciutat de Mallorca (dies 13 i 14). ALONSO havia anunciat la seva participació, però a darrera hora l'hagué de suspendre. (Els títols de les contribucions que hem donat són provisionals.)

2.3. *Els camins del progrés*

L'estudi de la Meteorologia Mediterrània podríem dir que té tres nivells, bé que no cal haver-ne completat un per a pujar al següent.

En el primer hi ha la descripció dels fenòmens, tant d'aquells que són més habituals, fins i tot descriptibles mitjançant la climatologia analítica, com dels que es poden considerar extraordinaris o sorprenents. Dins aquest nivell descriptiu no hi ha dubte que, de feina fet, n'hi ha molta i molt variada. Destacaríem, però, l'avenç aportat per la tècnica de la mesoanàlisi o anàlisi isobàrica a mesoscala, única manera de poder observar i descriure alguns dels fenòmens que tenen longituds típiques de 100 a 500 km. Aquesta tècnica fou ja utilitzada per FONTSERÉ i l'empren habitualment diversos grups experimentals i operatius. Al Centre Meteorològic Zonal de Ciutat de Mallorca (Oficina Meteorològica de l'Aeroport) ha estat adoptada operativament des del novembre de 1979.

En el segon nivell hi ha l'anàlisi dinàmica-termodinàmica-energètica dels fenòmens, també tant d'aquells que són més corrents com dels que anomenaríem singulars, com una ciclogènesi especialment ràpida i intensa.

Al tercer nivell, i com a conseqüència dels coneixements aportats per l'observació-descripció i l'anàlisi física, hi ha la construcció de models per a simular el comportament de l'atmosfera.

Si el coneixement dels fenòmens de la Meteorologia Mediterrània (tant pel que fa a la descripció com al mecanisme, tant a escala

sinòptica com a mesoscala) fos prou perfecte, la simulació mitjançant models físico-matemàtics —i per tant la predictibilitat dels fenòmens i del temps— no tindria altre límit sinó el de les tècniques i mitjans de càlcul. No és aquest el nivell a què s'ha arribat ara com ara. Però sí que és cert que els coneixements parcials que avui es tenen sobre els fenòmens atmosfèrics mediterranis i la seva física i l'actual desenvolupament de la informàtica ja han permès l'elaboració de diversos models d'abast parcial per a simular alguns d'aquests processos, essent precisament la gran varietat d'assaigs una prova de la parcialitat i inseguretats dels coneixements i de la modelació. Els EEUU, i Itàlia, són els capdavanters en aquest tercer i darrer nivell de l'estudi de la Meteorologia Mediterrània.

3. ELS OBJECTIUS DE LA INVESTIGACIÓ FUTURA EN METEOROLOGIA MEDITERRÀNIA

Deia en JANSÀ I GUARDIOLA l'any 64:²² «La Mediterrània occidental és un racó endiablament original, massa autàrquic, massa particular i massa complicat. L'hem de seguir estudiant si volem endevinar algun dia amb més èxit que avui les reaccions del seu caràcter capritxós».

I REINER l'any 75 no escriu gaire diferent, ço que vol dir que, malgrat que s'ha avançat molt, és més allò que resta per fer. Deia:³³ «La predicció del temps a la regió mediterrània, una tasca sempre exigent per al predictor local, pot esdevenir freqüentment una experiència molt frustrant per al forà, que pot ignorar els intrincats i complexos efectes que la topografia local pot tenir sobre els sistemes de temps a escala sinòptica a la regió».

Tot i que tractarem a continuació una llista, naturalment no exhaustiva, de tasques pendents, amb la seva possible metodologia, els principals trets de la feina a fer no hi ha dubte que han d'ésser els que va esbrinar l'assemblea de participants en el Cours de Meteorologia Mediterrània de Erice, l'any 76; 64 científics, de 13 països:¹⁰

«Les contribucions presentades i les discussions que les seguiren han permès de deduir que importants problemes meteorològics de les zones mediterrànies tan sols es podran resoldre ajuntant esforços dels meteoròlegs d'aquestes regions i d'altres països interessats. Els problemes que serien particularment enfasitzats són:

— predicció de ciclogènesi i dels fenòmens correlacionats més importants, específics de la Mediterrània, com pluges intenses, ventades, tempestes d'arena, etc.;

— la connexió entre la circulació general i els sistemes regionals de circulació atmosfèrica a l'àrea mediterrània;

— la termodinàmica de sistemes amb longitud característica 1.000-100 km i requeriments dels models per a la seva simulació;

— el balanç calorífic i hidrològic de l'àrea mediterrània;

— una millor comprensió dels fenòmens del temps per a poder elaborar previsions amb benefici econòmic i social, amb especial referència a les secades, a explicar les característiques climàtiques i les fluctuacions climàtiques tant com a establir les possibilitats i repercussions de la modificació del temps a l'àrea mediterrània.»

Així que, tractant de concretar alguns dels objectius futurs de la investigació en Meteorologia Mediterrània, indicariem:

3.1. *Observació-descripció*

Encara és molta la feina de recollida i tractament d'informació bàsica que cal fer per a entendre un poc més com funciona la nostra atmosfera.

En el futur hauran d'ésser resoltos greus problemes de manca que fan que resulti intrínsecament incompleta l'observació i la primera anàlisi o anàlisi sinòptica, fins i tot utilitzant tècniques de mesoanàlisi, que sens dubte no han de deixar d'aplicar-se.

Així, encara sabem ben poc de les influències a escala planetària i subplanetària sobre la ciclogènesi mediterrània i que REITER³³ suggereix que poden ser transcendents, perquè, per exemple, la manca

d'estacions aerològiques a l'Àfrica fa impossible de dir alguna cosa sistemàtica sobre el «corrent en raig» subtropical (STJ). Un camí subsidiari pot ésser l'observació satel·litària.

La xarxa aerològica és també insuficient a escala sinòptica dins la Mediterrània, bé que el projecte d'una nova estació de radiosondatges a la zona murciana —per part de l'INM— resoldrà parcialment aquest tema.

Quant als importants fenòmens a mesoscala, és ben clar que no podran ésser descrits si hom no disposa de xarxes d'observació notablement denses, de l'ordre dels 50 o 100 km de malla. Aquesta certament no hi és a la mar i en terra, i sobre la Península Ibèrica i Àfrica del Nord especialment és ben deficient, per poc densa, irregular i a vegades poc fiable.

Dos camins per a resoldre el problema en mar són més vaixells col·laboradors i la utilització de boies com a observatoris fixos. Hi ha un projecte de boies meteorooceanogràfiques lligat a l'Acció 43 de l'Europeu COST, però veiem que no arriba mai a realitzar-se. La primera de les boies seria situada entre Catalunya i Mallorca, on, per cert, encara sabem ben poc, per no dir gens —pot semblar mentida—, de com és la circulació dels vents.

També els satèl·lits podran ajudar-hi molt. Com també podran ajudar en mesures sistemàtiques dins la capa d'intercanvi aire-mar. Mesures que, d'altra banda, s'han de començar i fer de tota manera amb mitjans convencionals.

Però cal afegir que ni la suficiència de mitjans és la solució automàtica del nostre deficient coneixement objectiu de la nostra atmosfera, ni la manca d'aquests mitjans ha d'ésser motiu per a deixar de banda les tasques immediates d'anàlisi estadística, cinemàtica, sinòptica, etc., dels processos atmosfèrics mediterranis. Només una petita part de la informació rebuda és realment aprofitada per a aquest tipu d'investigació.

Ja hem parlat de la mesoanàlisi rutinària.

Afegirem la necessitat de descripcions detallades de qualsevol situació singular que es pugui presentar; no és que no se n'hagin fet (7 31 38 23 11 26 30 34 14 en són, simplement, uns quants exemples), però se n'haurien de fer més i més acurades.

Sense sortir d'aquest camp, afegirem, finalment, la necessitat d'experiments singulars a posta per a obtenir la descripció d'algun fenomen concret i durant els quals hi ha d'haver una punta de màxima densitat i intensitat d'observacions en un àmbit reduït. ALPEX serà un d'aquests, però n'hi ha d'haver d'altres probablement sobre extensions més reduïdes.

3.2. *Dinàmica, termodinàmica i energètica dels sistemes atmosfèrics i dels intercanvis aire-aigua*

Els mecanismes pels quals es creen els sistemes atmosfèrics i que controlen els intercanvis entre l'aire i l'aigua encara no són ben coneguts, malgrat que disposem d'hipòtesis de treball més o menys contrastades amb l'experimentació.

Sabem, per exemple, que influeixen en la ciclogènesi mediterrània les circumstàncies geogràfiques, especialment l'orografia, interactuant amb la circulació a gran escala. Sabem, per exemple, que a sotavent de les cadenes de muntanyes es formen depressions. Però tenim tota una col·lecció de possibles mecanismes de ciclogènesi de sotavent i no sabem quins i en quina proporció influeixen a cada ciclogènesi mediterrània de sotavent, cosa que probablement variï segons la localització concreta (Alps, Atlas, Sistema Ibèric, ...) i l'escala del procés (sinòptica, les diverses mesoscales).

Un altre exemple: no sabem encara, d'una manera definitiva, quina proporció de l'energia dels sistemes de circulació típics de la Mediterrània procedeix per transferència de la circulació a gran escala i quina de l'intercanvi de calor sensible i latent amb la mar o de la incorporació d'energia solar rebuda al desert del Sàhara, posem per cas.

3.3. *Elaboració de models*

L'elaboració de models atmosfèrics, i el seu subproducte, la predicció objectiva del temps, és l'objectiu final de la ciència meteorològica.

lògica. Naturalment, ja n'hi ha d'elaborats, de models fins i tot específics, per a simular el comportament de l'atmosfera mediterrània, però, com hem dit abans, cap no és prou complet i no ho podrà ésser gaire mentre sigui tant limitat el nostre coneixement dels mecanismes que caldrà modelar.

Parlaríem de tres vies.

En una, hi col·locaríem models analògics, que no importa traduir en equacions. Es tracta de veure com es comportarà una situació atmosfèrica tenint en compte com ho han fet altres de semblants. Gràcies a aquest tipus de model és ben cert que avui la predicció dels fatídics temporals del golf de Lleó ja no és un impossible, i un meteoròleg local una mica curós pot fer-la amb un marge d'error de l'ordre del 20 %.

En una segona via parlaríem de models numèrics d'abast parcial, com, per exemple, prediccions de ciclogènesi a escala sinòptica o mesoscala, o prediccions de vents reals i de precipitacions d'àmbit local, emmarcats dins una circulació suposada ben coneguda a una escala superior.

Finalment tindríem el que encara serà un somni bastants d'anys. L'elaboració d'un model atmosfèric planetari o hemisfèric capaç d'incorporar tots els mecanismes atmosfèrics que coneixem i que ens resta per conèixer, fins i tot aquells que són específicament mediterranis, perquè és veritat que tota l'atmosfera funciona com una unitat i tots els processos, des de les diverses escales, interactuen tots amb tots. La via concreta per a aconseguir-ho no podrà ésser altra sinó la cooperació internacional, que avui a Europa concreta el Centre Europeu de Predicció a Termini Mitjà (CEPMPM), que ja té operatiu un sofisticat model obert, que caldrà anar enriquint i superant contínuament amb les aportacions de cada grup de feina i, particularment, d'aquells que aniran descobrint els misteris de la Meteorologia Mediterrània.

En un futur, que potser podríem situar cap a l'any 2000, la meteorologia europea constituirà una espècie de sistema nerviós central, el cervell del qual serà el CEPMPM i els «subcervells» o neurones principals seran les seus dels Instituts o Serveis meteorològics d'àmbit estatal o nacional. Altres neurones seran els centres regionals, i els

terminals nerviosos seran els observatoris i les oficines comarcals. En tots els elements es produiran intercanvis d'informació en doble sentit i diversos nivells de transformació i càlcul, de manera que alguns models d'àmbit parcial i petita escala actuaran com a *feed-back*, retroalimentant altres models superiors, que, ensems, seran el mar per als primers.

Per a anar avançant cap a aquesta utopia no podem perdre temps, i no és possible de prescindir de cap grup de treball, de la Universitat, d'altres institucions, de l'Institut Nacional de Meteorologia —si parlem d'Espanya—; més aviat, tots ells hauran d'ésser potenciats. Però també és ben clar que, si volem que aquesta feina sigui plenament positiva de cara a la utopia, pel que fa a la nostra especial regió meteorològica hauríem de crear —o actuar com si haguéssim creat— un Institut de Meteorologia Mediterrània, capaç de connectar i coordinar esforços.

Ciutat de Mallorca, 8 de desembre de 1980

NOTES BIBLIOGRÀFIQUES

1. ALONSO OROZA, S.: *Algunos aspectos meteorológicos de los temporales de Levante*, Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 1974-75.
2. FLORIT AMETLLER, J., JANSÀ CLAR, A.: *Situaciones de presión en el Mediterráneo occidental. Repercusiones sobre el tiempo en Menorca y en el resto de España*, «Trabajos de Geografía. Núm. 35. Miscelánea 1978-79», Universitat de Palma de Mallorca, Departament Geografia, pp. 57-84.
3. FONTSERÈ, E.: *Condicions climatològiques de les costes occidentals de la Mediterrània i en particular de les terres costeres catalanes*, Servei Meteorològic de Catalunya, «Notes d'Estudi», 49, 1932, 27 pp.
4. FONTSERÈ, E.: *Les «seixes» de la Costa Catalana*, Servei Meteorològic de Catalunya, «Notes d'Estudi», 58, 1934, 12 pp.
5. FONTSERÈ, E.: *Sobre la macroestructura del viento en el Observatorio Fabra*, «Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona», XXVI, 1942, núm. 4, 61-66.
6. FONTSERÈ, E.: *La tramuntana empordanesa i el mestral del golf de St. Jordi*, «Institut d'Estudis Catalans. Arxius de la Secció de Ciències», XXI, 1950, 90 pp.

7. GARCÍA MIRALLES, CARRASCO, A.: *Lluvias de intensidad y extensión extraordinarias causantes de las inundaciones de los días 13 y 14 de octubre de 1957, en las provincias de Valencia, Castellón y Alicante*, Servicio Meteorológico Nacional, sèrie A, núm. 30, Madrid 1958, 68 pp.
8. GAYA, M., BALLESTER, M.: *Determinación indirecta de velocidades verticales en el aire mediterráneo*, «III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica», Madrid 1979.
9. HUERTA, F.: *Bibliografía Meteorológica Española*, Servicio Meteorológico Nacional, sèrie E, núm. 2, Madrid 1975, 295 pp.
10. International School of Atmospheric Physics: *Third Course of the I.S. of A.P. «Meteorology of the Mediterranean»*. Draft, «Ettore Majorana» Centre, Erice (Sicilia), 1976.
11. JANSÀ CLAR, A.: *Mini-ciclón en Beleares. I y II*, Servicio Meteorológico Nacional, «Revista de Meteorología Marítima», núms. 10 y 11, desembre 1972 i març 1973, 9-15 i 8-15.
12. JANSÀ CLAR, A.: *Inestabilidad baroclina y ciclogénesis en el Mediterráneo occidental*, tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, 1977-78.
JANSÀ, A., BALLESTER, M.: *Ciclogénesis mediterránea*, «III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica», Madrid 1979.
JANSÀ CLAR, A.: *Inestabilidad baroclina y ciclogénesis en el Mediterráneo occidental*, resum de tesi, Universitat Autònoma de Barcelona, 1979, 40 pp.
13. JANSÀ CLAR, A.: *Climatología de Menorca*, «Enciclopèdia de Menorca», vol 1, Obra Cultural Balear de Menorca, Ciutadella 1979, 85-160.
14. JANSÀ CLAR, A.: *Temporal mediterráneo de 21-22 de diciembre de 1979. Informe sinóptico preliminar*, «Boletín Mensual Climatológico», Centro Meteorológico Zonal de Palma de Mallorca, suplemento anual 1979.
15. JANSÀ, A., JANSÀ, X.: *Oceanografía*, «Enciclopèdia de Menorca», vol. 1, Obra Cultural Balear de Menorca, Ciutadella 1980.
16. JANSÀ CLAR, A.: *Alteraciones a mesoscala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental*, «XI Jornadas de la AME. I Congreso de Meteorología Mediterránea», Menorca-Mallorca, 10-14 octubre 1980.
17. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*, S. M. Esp., sèrie A, núm. 3, Madrid 1933.
18. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental*, «Revista de Geofísica», X, 1951, núm. 39.
19. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *La masa de aire mediterráneo*, «Revista de Geofísica», XVIII, 1959, núm. 69, 36-50.
20. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *El frente mediterráneo*, «Revista de Geofísica», XXI, 1962, núm. 83, 249-259.
21. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *La corriente en chorro mediterránea*, «Saitabi» (València), XIII, 1963, 87-104.
22. JANSÀ GUARDIOLA, J. M.: *Meteorología del Mediterráneo occidental*, «Ter- cer ciclo de conferencias desarrollado en el Instituto Nacional de Meteoro-

- rología durante el año 1964», Servicio Meteorológico Nacional, sèrie A, núm. 43, 1966, II-35 pp.
23. LINÉS ESCARDÓ, A.: *Situaciones sinópticas típicas de lluvias torrenciales en el Sudeste Español*, «Coloquio sobre problemas de meteorología agrícola», Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Madrid 1974, 8 pp.
 24. MENGEL, O.: *Extension du mistral en Méditerranée*, «La Météorologie», X, 1934, 428-485.
 25. (Air Ministry) Meteorological Office: *Weather in the Mediterranean, vol. 1, General Meteorology*, H.M.S.O., London 1962, 372 pp.
 26. MIRÓ-GRANADA GELABERT, J.: *Les crues catastrophiques sur la Méditerranée occidentale*, «Flash Floods Symposium», París, IAHS, Pub. núm. 112, 1974, 119-132.
 27. PETERSEN, S.: *Weather analysis and forecasting*, vol. 1, Mc Graw-Hill Book Co., Inc., Nova York 1956.
 28. RADINOVIC, D., LALIC, D.: *Ciklonska aktivnost u Zapadnom Sredozemlju*, Hidrometeoroloskog Zavoda, Belgrad 1959, 57 pp.
 29. RADINOVIC, D.: *Numerical Model Requieriments for the Mediterranean Area*, Intern. Sch. of Atm. Phys., «III Course: Meteorology of the Mediterranean», Erice (Sicilia), maig 1976.
Ídem, «*Rivista di Meteorologia Aeronautica*», 38, 1978, 191-205.
 30. RAMIS, C., BALLESTER, M.: *Estudio cinemático del temporal de abril 1978 sobre el Mediterráneo occidental*, «III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica», Madrid 1979.
 31. REIJA GARRIDO, A.: *Análisis de las causas meteorológicas que motivaron la avenida que tuvo lugar en septiembre de 1962, sobre la Comarca del Vallés*, «*Revista de Obras Públicas*», Madrid, setembre 1963.
 32. REITER, E.: *Digest of Selected Weather Problems of the Mediterranean*, U.S. Navy Weather Research Facility, Tech. Paper, 9/71, 1971.
 33. REITER, E.: *Handbook for forecasters in the Mediterranean*, Environmental Prediction Research Facility, Naval Postgraduate School, Monterey, novembre 1975.
 34. RIVERA PÉREZ, A. M.: *La ola de calor del 14-19 de julio de 1978, en algunas regiones de la mitad sudoriental de la Península Ibérica. Una aproximación desde la Meteorología Sinóptica*, «*Paralelo 37°*. *Revista de Estudios Geográficos*», Almería 1978, 117-143.
 35. Royal Netherlands Meteorological Institute: *The Mediterranean; oceanographic and meteorological data*, 1957.
 36. The UNESCO/WMO Seminar on *Mediterranean Synoptic*, Roma 1958, «*Meteorologische Abhandlungen*», Band IX, Heft 1, Institut für Meteorologie und Geophysik der Frein Universität Berlin.
 37. TODISCO, G., GIACOBELLO, N.: *Synoptic Features of Some Flood Cases*, Inter. Sch. of Atm. Ph., «III Course: Meteorology of the Mediterranean», Erice (Sicilia), maig 1976.

38. TOMÁS QUEVEDO, A.: *Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1962 en el Bajo Vallés, Llano del Llobregat y la Maresma*, «Estudios Geográficos», Madrid 1963, 137-146.
39. TOMÁS QUEVEDO, A.: *Estudio del «Llevant»*, «Tercer ciclo de conferencias desarrollado en el Instituto Nacional de Meteorología durante el año 1964», Servicio Meteorológico Nacional, sèrie A, núm. 43, 1966, IV-36 pp.