

TERRITORIS

REVISTA DEL DEPARTAMENT DE CIÈNCIES DE LA TERRA

Núm. 1 / 1998



Universitat de les Illes Balears

Universitat de les Illes Balears

TERRITORIS

Revista del Departament de Ciències de la Terra



Palma, 1998

TERRITORIS

Número 1. Homenatge a Josep M. Jansà Guardiola
Revista del Departament de Ciències de la Terra
Universitat de les Illes Balears

CONSELL DE REDACCIÓ

Director: Bartomeu Barceló i Pons. Catedràtic de Geografia Humana. UIB

Secretari: Macià Blázquez Salom. Professor Titular d'EU d'Anàlisi Geogràfica Regional. UIB

Vocals: Pere Brunet Estarellas. Professor Titular d'U de Geografia Humana. UIB

Joan Fornós Astó. Professor Titular d'U d'Estratigrafia. UIB

Mercedes Laita Ruiz de Asúa. Professora Titular d'EU de Geografia Física. UIB

Onofre Rullan Salamanca. Professor Titular d'U d'Anàlisi Geogràfica Regional. UIB

Jaume Servera Nicolau. Professor Titular d'EU de Geografia Física. UIB

CONSELL ACADÈMIC

Jean Bisson. Professeur de Géographie. Université de Tours

Joan Cuerda Barceló. Quaternarista

Agustí Jansà Clar. Director del Centre Meteorològic a les Illes Balears

Joan Mayol Serra. Cap del Servei de Biodiversitat del Govern Balear

Lluís Pomar Gomà. Catedràtic d'Estratigrafia. Universitat de les Illes Balears

Gérard Richez. Professeur de Géographie. Université de Provence

Antoni Rodríguez Perea. Director del departament de Ciències de la Terra. UIB

Vicenç M. Rosselló Verger. Catedràtic de Geografia Física. Universitat de València

Rosa Vallès Costa. Catedràtica d'IEM. Eivissa

Tomàs Vidal Bendito. Catedràtic de Geografia Humana. Universitat de Barcelona

Joan Vilà Valentí. Catedràtic Emèrit de Geografia Humana. Universitat de Barcelona

© del text: els autors, 1998

© de l'edició: Universitat de les Illes Balears, 1998

Primera edició: abril de 1998

Edició: Universitat de les Illes Balears. Servei de Publicacions i Intercanvi Científic. Cas Jai. Campus universitari.
Cra. de Valldemossa, km 7.5. 07071 Palma (Illes Balears)

Impressió: Taller Gràfic Ramon. C/ de Jaume Balmes, 39 i 43. 07004 Palma

DL: PM 524/1998

No es permet la reproducció total o parcial d'aquest llibre ni de la coberta, ni el recull en un sistema informàtic, ni la transmissió en qualsevol forma o per qualsevol mitjà, ja sigui electrònic, mecànic, per fotocòpia, per registre o per altres mètodes, sense el permís dels titulars del copyright.

Sumari

Presentació

ANTONI RODRÍGUEZ PEREA

9

Introducció a la nova revista *Territoris*

BARTOMEU BARCELÓ I PONS

11

VIDA I OBRA DE JOSEP M. JANSÀ GUARDIOLA

Josep M. Jansà Guardiola. Notas biogràficas

JAUME MIRÓ-GRANADA GELABERT

17

Bibliografia de Josep M. Jansà i Guardiola

BARTOMEU BARCELÓ I PONS

47

Els manuscrits de Josep M. Jansà Guardiola dipositats a

l'Institut Menorquí d'Estudis

JOSEP MIQUEL VIDAL HERNÁNDEZ

67

COL·LABORACIONS

De los invariantes para masas de aire a la vorticidad potencial

SERGIO ALONSO OROZA

87

Paralelismo

MIQUEL BALLESTER CRUELLES

101

L'estudi de la tramuntana: de J. M. Jansà al PYREX

JOAN CAMPINS PONS

111

La deshumanización de la meteorología operativa
INOCENCIO FONT TULLOT
123

La convección y su tratamiento en los modelos de
predicción numérica del tiempo
JOSÉ A. GARCÍA-MOYA ZAPATA
137

Aplicación de una recta de Teissier a la depuración de una base
de datos termopluiométricos mensuales
JOSÉ A. GUIJARRO PASTOR - MIGUEL MOREY ANDREU
157

Meteorologia mediterrània: de Josep M. Jansà a avui
AGUSTÍ JANSÀ CLAR
171

El Niño y su influencia en el régimen de lluvias en Baleares
MERCEDES LAITA RUIZ DE ASÚA
187

Contribución al concepto de clima
ALBERTO LINÉS ESCARDÓ
203

Tres ideas-clave sobre el medio ambiente a escala planetaria
JAVIER MARTÍN VIDE
215

Clima y micropaleontología:
termómetros biológicos y archivos sedimentarios
GUILLEM MATEU
223

Acerca del «agujero» de ozono en la estratosfera Antártica
MANUEL PUIGCERVER ZANÓN
239

L'embat a l'illa de Mallorca
CLIMENT RAMIS NOGUERA
253

Evolució secular de les precipitacions estacionals a les illes Balears
JOSEP M. RASO NADAL
275

La pluviometría en las comarcas catalanas próximas al mar
LUIS VÁZQUEZ
291

Els inicis dels estudis meteorològics a Menorca (1739-1850)
JOSEP MIQUEL VIDAL HERNÁNDEZ
311

Bibliografia sobre meteorologia i clima de les illes Balears
BARTOMEU BARCELÓ I PONS
331

PRESENTACIÓ

Antoni Rodríguez Perea

Director del Departament de Ciències de la Terra

TERRITORIS neix amb voluntat de renovació ètica i científica, neix amb intenció d'assolir —amb un treball seriós— una qualitat acadèmica suficient per ésser aparador de la nostra feina, de la bona feina que es fa a les Illes Balears, a la nostra Universitat i al Departament de Ciències de la Terra. Com a director d'aquest centre i com a geòleg molt proper a la Geografia, no puc deixar de saludar amb il·lusió i encoratjament aquests propòsits. Res més important que il·lusió per encetar una nova etapa en una revista del nostre país, on la feina val el que val el seu *embolcall*. Res més necessari que el coratge per defensar el treball rigorós enfront del *teatre* de la falsa ciència.

Quan l'al·luvió de *congressos de les aparences* hagi passat, només resistiran les revingudes les dades dels articles ben fets, només aguantaran les embranzides del corrent els raonaments fermes, aquells que no passen de moda, perquè mai han jugat a les modes. Quan els venedors de la ciència esgotin el seu producte i els *territoris* esdevinguin deserts, només ens quedaran les paraules escrites per demostrar —potser ja massa tard— que qualcú ja ho havia dit.

TERRITORIS neix volent ser gra i no palla, volent incidir arreu en allò que ens envolta per, si menys no, ajudar a canviar-ho. L'*Acadèmia*, en qualsevol comunitat, no té l'exclusiva de la veritat, no es pot arrogar el monopoli del saber, però en canvi sí que ha d'assolir la responsabilitat de posar a l'abast dels ciutadans els coneixements, per molt complexos que siguin. Encara més, quan aquest coneixement pot ser imprescindible per prendre decisions encertades, la Universitat no en pot romandre al marge i ha d'oferir honestament el seu parer.

TERRITORIS pot i ha d'assumir aquest repte i no de manera conjuntural, sinó oferint en les seves pàgines les dades més sòlides i les opinions més sospesades, que posin a l'abast de tothom, sense perdre el rigor, el coneixement més actual.

El monogràfic que enceta la nova etapa de la revista del Departament de Ciències de la Terra de la UIB és un bon exemple d'aquestes intencions. El recull d'articles, homenatge merescut i necessari a l'insigne Josep M. Jansà Guardiola, constitueix un autèntic *state of art* de la climatologia i la meteorologia balear. La seva utilitat manifesta serà, sense cap dubte, confirmada per l'acollida d'un públic que demana, cada vegada amb més força, a la Universitat, un retorn, en forma de publicacions com la que teniu a les mans, de la confiança i els doblers que la societat ha posat a la disposició de la màxima institució acadèmica.

No em queda més que oferir el màxim suport del Departament i el meu personal, i desitjar, al director, al consell de direcció i als col·laboradors de *TERRITORIS*, encert en la nova etapa, i que el vent i la mar els siguin favorables en una travessia en la qual tots estam embarcats.

Introducció a la nova revista *TERRITORIS*

Bartomeu Barceló i Pons

Director de *TERRITORIS*

Pens que, per presentar la nova revista del Departament de Ciències de la Terra de la UIB, cal fer una evocació del que ha estat *Trabajos de Geografía-Treballs de Geografia* en la seva trajectòria des de 1970 fins a 1995, a la vegada que fer una declaració d'intencions pel que fa a *TERRITORIS*, que avui comença la seva singladura. Però, abans de tot, he de manifestar la meva satisfacció pel paper de direcció que m'ha estat confiat i que s'ha de situar en una voluntat majoritària de renovació del Departament.

Trabajos de Geografía-Treballs de Geografia ha estat moltes de coses, però, sobretot, ha estat una expressió de l'origen i l'evolució dels estudis de Geografia a les Illes Balears fins a la seva consolidació, passant per la implantació de la llicenciatura de Geografia i la creació del Departament de Geografia, que després es va anomenar de Ciències de la Terra.

Va ser el curs de 1968-69 quan em vaig encarregar d'impartir la primera assignatura de Geografia que es feia als, llavors, cursos comuns de Filosofia i Lletres, que, com a extensió de la Facultat de Barcelona, es feien a Palma des de 1967. Anys més tard s'anaren augmentant les assignatures de geografia i també se n'amplià el professorat. Llavors érem pocs i no disposàvem de gaires mitjans econòmics, i en certa manera la producció de recerca va ser una continuació de la que, des de 1958, s'anava publicant al bolletí de la Cambra de Comerç de Palma, sota la meua direcció. Però, amb la voluntat d'afirmar la nostra presència a la vida universitària, ens vàrem inventar *Trabajos de Geografía*, que reuní amb aquesta denominació treballs apareguts en diverses publicacions, fets per autors de les Illes o sobre temes insulars. En aquesta primera etapa es compten 33 números, que van des de l'1, que és la meua tesi doctoral sobre *Evolución reciente y estructura actual de la población de las Islas Baleares*, publicada el 1979 pel CSIC, fins al 33, que va ser la tesi de llicenciatura de B. Pastor Sureda, publicada a *Mayurqa* el 1976. D'un total de 33 números, 19 corresponen a articles publicats al bolletí de la Cambra de Comerç, 10 havien estat publicats a *Mayurqa*, que era la revista de la Facultat, i 4 en altres indrets.

L'any 1976 es va deixar de publicar el bolletí de la Cambra de Comerç, a la vegada que, tant la producció en investigació geogràfica com una millora de les condicions econòmiques, afavoriren la publicació d'unes miscel·lànies anuals que s'incloueren en la sèrie de *Trabajos de Geografía* i en continuaren correlativament la numeració. Així, els números del 34 al 38 corresponen a les miscel·lànies dels cursos 1977-78, 1978-79, 1979-80, 1980-81, 1981-82. A partir d'aquí diferents circumstàncies em feren deixar la direcció d'aquestes publicacions. Encara el número 39 va sortir amb el mateix títol, i va reunir una

part —no totes— de les ponències que s’havien presentat a la secció de Geografia de Mallorca, de la VII Conferència Internacional sobre el Mediterrani, que va tenir lloc a Sóller l’agost de 1983, que jo havia coordinat, i al qual s’afegiren treballs que no pertanyien a l’esmentada Conferència.

A partir del número 40 i fins al 44, publicats entre 1988 i 1992, *Trabajos de Geografía*, dins una línia de normalització lingüística, es va titular *Treballs de Geografia*, i deixà de ser una miscel·lània per convertir-se, sense cap declaració d’intencions, en una revista de contingut molt desigual. Entre 1992 i 1995, no en va sortir cap número.

L’any 1986 es produí un fet prou important a la vida del Departament: la integració de geòlegs i geògrafs en un sol departament que, des d’aquest moment, es dirà de Ciències de la Terra. Amb això es realitzava un vell projecte que ja s’intentà portar a terme, sense èxit, cap a 1975, i que llavors suposava, no sols fer un departament interfacultatiu, sinó també interuniversitari... Massa dificultats en uns moments en què encara érem acadèmicament massa joves i tots els esforços s’havien de posar en la creació de la nostra universitat. L’experiència ha estat prou profitosa, pensant sobretot en l’alta categoria acadèmica dels nostres geòlegs i el seu treball innovador, i caldria intensificar la integració i la col·laboració.

El 1995, just acabat d’elegir director del Departament el doctor Lluís Pomar, el Consell de Departament m’encomanà la direcció de la revista, en un entorn generalitzat de renovació d’ètica acadèmica i serietat en el treball que promovia el nou equip rectoral. Envoltat d’un consell de redacció eficaç i amb la il·lusió que sempre m’ha fet començar coses noves amb noves idees, considerarem que l’època de *Trabajos de Geografía-Treballs de Geografia* estava superada i que el que calia era fer una revista nova, que asseguràs la seva qualitat acadèmica. D’aquí sortí *TERRITORIS*, amb un primer número, el que avui teniu a les mans, que hem volgut dedicar a la memòria exemplar de Josep M. Jansà Guardiola, que va ser, entre moltes d’altres coses, el gran introductor i divulgador dels estudis de meteorologia i clima a les Balears.

En aquesta nova etapa de les publicacions del Departament calia establir una línia de pensament, una escala de valors, que orientàs el nostre tarannà. I és en aquest sentit que jo convidaria a identificar-nos amb el contingut de la Carta dels Drets i Deures del Professor que exposà Mario Bunge al simposi que, sota el títol de «La fuga de la ciencia i de la raó», convocaren a Nova York el matemàtic Norman Lewit i el biòleg Paul R. Gross, i que fa poc temps publicà a la premsa diària, sota el títol «Contra el charlatanismo académico» (*Diario de Mallorca*, 2-X-1995), i que diu:

- «1. Tot professor té el dret de cercar la veritat i el deure d’ensenyar-la.
- »2. Tot professor té tant el dret com el deure de qüestionar el que l’interessi, sempre que ho faci d’una manera racional.
- »3. Tot professor té el dret de cometre errors i el deure de corregir-los, si se’n tem.
- »4. Tot professor té el deure de denunciar el xarlatanisme, tant el popular com l’acadèmic.
- »5. Tot professor té el deure d’expressar-se de la manera més clara possible.
- »6. Tot professor té el dret de discutir qualssevol opinions heterodoxes que l’interessin, sempre que aquestes opinions siguin discutibles racionalment.
- »7. Cap professor té el dret d’exposar com a vertaderes, opinions que no pot justificar tant per la raó com per l’experiència.
- »8. Ningú té el dret d’exercir conscientment una indústria acadèmica.
- »9. Tot cos acadèmic té el deure d’adoptar i posar en pràctica els estàndards més rigorosos que es coneixen.

»10. Tot cos acadèmic té el deure de ser intolerant tant amb l'anticultura com amb la cultura falsificada.»

Aquest missatge és, per a mi, molt atractiu, perquè, seguint-lo, podem fer de la nostra tasca acadèmica en el camp de la geografia, un instrument útil a la societat, tant pel que fa a l'ampliació de coneixements com a la seva divulgació, a la vegada que podem exercir amb llibertat, lluny de la pressió dels poders, una crítica objectiva i aclaridora del que passa al nostre entorn.

Abril de 1997

**VIDA I OBRA
DE
JOSEP M. JANSÀ GUARDIOLA**

**Josep M. Jansà
Guardiola.
Notas biográficas**

Jaume Miró-Granada
Gelabert
*Antic cap del Centre
Meteorològic a les
Balears*

Territoris (1998), 1:
17-45

Josep M. Jansà Guardiola. Notas biográficas

Jaume Miró-Granada Gelabert

Antic cap del Centre Meteorològic a les Balears

Resumen

Don Josep M. Jansà Guardiola, doctor en ciencias físicas, meteorólogo, nació en Reus (Tarragona) el año 1901. Transcurrió su infancia en esta ciudad, en donde inició el bachillerato. Su padre, catedrático de matemáticas, fue destinado al Instituto General y Técnico de Maó (Menorca) y allí, en 1915, se trasladó toda la familia. Al terminar Josep M. el bachillerato, el Instituto le concedió el premio extraordinario en recompensa a la obtención de las notas de sobresaliente con aplicación de matrícula de honor alcanzadas en la casi totalidad de las asignaturas que componían el bachillerato. Los estudios correspondientes a la licenciatura en ciencias físicas los llevó a cabo en la Universidad de Barcelona, en enseñanza libre, con algunas intermitencias motivadas por enfermedad y por la realización del servicio militar, en Menorca, en el que alcanzó el grado de Alférez de Complemento en el Regimiento de Artillería. Mucho más tarde, en el curso 1945-46, perfeccionó el doctorado y con una tesis matemática con aplicación a la meteorología consiguió el grado de doctor en el año 1947.

Se inicia en la meteorología desde el último escalón: como observador, en 1926, en el Observatorio de la Base Naval de Maó. Pronto, ya físico, ingresa en 1929 en el Servicio Meteorológico en la escala auxiliar. En 1934 es meteorólogo facultativo y al crearse en Maó el Centro Meteorológico de Baleares se le nombra director del mismo. En 1940, reorganizado el Servicio y situado el Centro en Palma de Mallorca, Jansà, confirmado en su puesto, se traslada a la capital balear. Permanecerá en Palma dirigiendo el Centro hasta 1966, año en que por su ascenso a Inspector Jefe tiene que trasladarse a Madrid, en donde llega a alcanzar la máxima categoría profesional como Jefe de la Oficina Central, cargo que le dura hasta su jubilación reglamentaria, en 1971. Josep M. Jansà, con su familia —su esposa Emilia y sus cuatro hijos— regresa a Menorca y se instala de nuevo en Maó. Falleció allí, en 1994, a los 93 años de edad. La carrera profesional de J. M. Jansà se desarrolla, pues, a lo largo de tres etapas: Menorca, Mallorca y Madrid. En todas, su actuación se extiende a perfeccionar al máximo el cometido meteorológico a su cargo: desde la pulcritud y precisión de la observación del tiempo, básica, hasta el estudio completo, exhaustivo, del fenómeno meteorológico, para quedar a disposición del usuario teórico, profesional, o incluso, en forma de alta vulgarización, de la sencilla persona interesada en esta ciencia. En esta vertiente, la obra realizada en el Centro de Baleares es demostrativa de la superior valía de Jansà al elevarlo a un instrumento operativo a alto nivel. Para ello, solicitó y obtuvo ampliamente la colaboración de un buen número de profesionales y aficionados que, con unanimidad, han reconocido en él su gran categoría como jefe, su sabiduría como maestro y su hombría de bien como persona y amigo.

Jansà ha sido, ante todo, un meteorólogo integral, en el sentido de que, para él, la ciencia del tiempo es, por principio, Física. En su extensa obra de investigación atiende, sobre todo, a la precisión conceptual. Se le ha llamado el «profeta de la Meteorología mediterránea», y analizando numerosos casos de estudio sentó las bases para el conocimiento del tiempo y de la climatología de la cuenca de ese mar. Se le considera como el más prolífico y polifacético de los meteorólogos científicos españoles: su «ópera omnia», adjunta, quizás no exhaustiva, es una demostración de ello y fue realizada a lo largo de sus tres épocas. Destacan sus libros: la «Meteorología Teórica», en cuatro tomos, el «Curso de Climatología», el «Manual del informador de meteorología», han tenido gran difusión en España y en América latina. Pero muchos de sus artículos, teóricos o divulgativos, son excelentes y hasta de rotunda actualidad. Su vertiente académica, en la enseñanza, a la que también se dedicó en sus tres épocas, culminó en la Universidad Complutense al confiársele la cátedra de Climatología. Recibió diversos honores, diversos premios, alguno otorgado en los inicios de su labor divulgadora, no sólo de la meteorología sino también de los principios básicos de la Física. Entre aquéllos se

pueden citar el Premio Ciudad de Palma, como reconocimiento de su labor en el ámbito balear y mediterráneo, y el de socio de honor de la Asociación Meteorológica Española, como expresión del afecto y de la admiración de sus compañeros de profesión. El autor de estas «Notas», cuya justificación para escribirlas se halla sólo en el hecho de haber estado profesionalmente con Jansà durante toda su época mallorquina, sin interrupción durante 25 años, ha intentado dar a conocer la interesante personalidad del biografado, no sólo a través de la exposición de su ingente obra, sino también de un anecdotario entresacado del recuerdo emocionado del período en que fue un subordinado de Don Josep M., período en el que al reconocer siempre su autoridad, pudo disfrutar de su magisterio en lo científico, técnico o profesional, de sus acertados consejos en lo humano y de su apreciada amistad en lo personal.

Abstract

Dr. Josep M. Jansà Guardiola, PhD in Physics and Meteorologist, was born in Reus (Tarragona) in 1901. His first studies were in that city, but he moved with his family to Maó, where his father was designated as high school professor, in 1915. His high marks deserved him to obtain the distinction for nearly all the subjects. He studied Physics Science in the University of Barcelona, although that with some interruptions due to the military service and to illness. Latter on, in 1945, Jansà finished his PhD, with a mathematical thesis on Meteorology, which gave him the degree of doctor in 1947.

His beginnings in Meteorology are from the base: as observer of the Army Base in Maó, 1926. Already finished his degree in Physics, in 1929, he became member of the Meteorological Service. The Meteorological Service of the Balearic Islands was created in 1934, and Jansà is named its director. In the 1966 he is promoted to the rank of Head Inspector of the Centre in Madrid, of which he became Chief till 1971, which is the year of his retirement. Once retired, he moved to Maó with his family, his wife Emilia and his four sons. He died in 1994, when he was 93 years old.

Josep M. Jansà career was developed in four main stages: Menorca, Mallorca and Madrid. Everywhere, his actuation moved forward to perfection as much as possible within his responsibility areas: from extreme precision in weather observation and deep analysis to bring science to the general public. His work at the Meteorological Centre of the Balearic Islands proved his proficiency. In order to achieve it, Jansà hearded the collaboration of professionals and amateur, who recognise his category as boss, mentor, person and friend.

Jansà was, first of all, an integral Meteorologist, meaning that the science of weather is, as a base, Physics. His work of research stresses conceptual precision. He is known as the «Prophet of the Mediterranean Meteorology», who, analysing numerous study cases, established the bases of the Weather knowledge and Climatology of the Mediterranean Basin. His scientific production, all along the three stages, consist, among others, of the books entitled: «Theoretical Meteorology», «Course of Climatology» and a «Handbook of the weather Informer»; all of them with sound use, not only in Spain but also in South America. But, additionally, much of his papers are still useful today. His scholastic work had its culmination at the Complutense University, when he got the level of Professor of Climatology. Jansà received several honours and awards, some of them at the beginnings of his awareness work, not only on Meteorology but also in Physics basis. Among them, should be cited: the Palma's Award, as recognition to his labour within the Balearic and Mediterranean ambit, and being prized as Member of Honour of the Spanish Association of Meteorology, as an expression of devotion and admiration from his colleges. The author of this paper, whose justification rely in being college of Jansà all along his Majorcan stage, during 25 years, has tried to let know Jansà's personality, not only through the exhibition of his labour, but also through an anecdotes' collection from the memories of the emotive period along which was under Jansà's orders, that allowed him to enjoy his tutoring as scientist, professional and his precious human advice and appreciated personal friendship.

Recepció del manuscrit, desembre de 1996

Introducción: Cuando y dónde empezó mi conocimiento de D. Josep M. Jansà

En agosto de 1941 fue cuando trabé conocimiento por primera vez con Josep M. Jansà. Un mes antes, yo había terminado el curso de Ayudante de Meteorología en Madrid con aprovechamiento y estaba a la espera, en Palma, del correspondiente nombramiento y de la notificación del destino que había de asignárseme. En efecto, nombramiento y destino aparecieron en el Boletín Oficial del 31 de dicho mes. Iba destinado al Observatorio de Palma de Mallorca. Pocos días antes, había estado yo en las dependencias del

Observatorio, presumiendo que allí estaba mi futuro puesto de trabajo, a presentar mis respetos a quien era su Jefe, el Sr. Jansà. Yo no le conocía personalmente puesto que, después de haber ganado la oposición, cuando marché a Madrid meses antes, al objeto de realizar el curso reglamentario, el Jefe de esa dependencia era desde varios años antes el Sr. Font, meteorólogo que era conocido en medios aeronáuticos por el apelativo cariñoso de «el mago».

El Ministerio del Aire, del cual dependía en el año 1940 el Servicio Meteorológico, creó el Centro Meteorológico de Baleares de Palma de Mallorca, que absorbía al viejo Centro de Baleares de Maó, cuyo Jefe era Jansà precisamente, unificándolo con la existente Jefatura de Meteorología de la Zona Aérea de Baleares, de la cual se encargaba Inocencio Font. En este año 1940, fue nombrado Josep M. Jansà Jefe de este complejo: es decir del Centro Meteorológico de Baleares y de la Jefatura de Meteorología. Lo dirigió hasta 1966. Por tanto, desde 1934, que dirigía el Centro en Maó, hasta que se trasladó a Madrid por ascenso a más alto cargo ejerció la dirección del Centro de Baleares durante 32 años. De éstos, en un período ininterrumpido de 25 años, el Sr. Jansà fue mi jefe orgánico inmediato dentro de la estructura administrativa del Servicio Meteorológico Nacional.

Me apresuro a afirmar que en la Jefatura del Centro, ejerció su dirección siempre de forma perfecta, ejemplar, y durante la cual, en ese largo período en que fui su subordinado, reconocí en todo momento su autoridad, pude disfrutar de su magisterio en lo científico, técnico y profesional, de sus acertados consejos, en lo humano y de su concedida y apreciable amistad, en lo personal. Lo expuesto, a modo de proemio, quizá pueda justificar, en su caso, mi intervención en una biografía de Josep M. Jansà.

La infancia, Reus, su familia y el entorno

Josep M. Jansà Guardiola nació en Reus (Tarragona), el 18 de Julio de 1901, hijo de Josep Jansà i Capdevila, que era físico y profesor de bachillerato. Las raíces familiares, de antecesores labradores, se hallan en la comarca de Ripoll, cuna de Cataluña. Es de suponer que su infancia, junto con la de sus cinco hermanos, transcurriría, como la de otros muchos niños, en el seno de una familia católica, de la clase media tradicional catalana que vive en una ciudad tranquila aunque en cierto modo progresiva —Reus, París y Londres— industrial en un entorno francamente agrícola, cuna de literatos, filósofos y políticos de renombre, y situada en las proximidades de una capital provinciana, bimilenaria, centro de la romanizada Hispania Tarraconense. En este ambiente se inicia su formación cultural y académica que en el transcurso de los años presentará unas características espectaculares pero, hasta cierto punto, contradictorias. Por de pronto sabemos que en Septiembre de 1914 accede al Instituto General y Técnico de Reus mediante un examen de ingreso con calificación de aprobado. Sin embargo, debió presentarse nuevamente a examen, suponemos que al objeto de mejorar una nota no aceptable por exigua, puesto que con fecha de 5 de Mayo del siguiente año hay una nueva papeleta de examen de ingreso en el mismo Instituto con la calificación de sobresaliente y la concesión de matrícula de honor en todas las asignaturas que constituían el primer año de Bachillerato. Iniciaba así una brillantísima actuación en sus estudios de segunda enseñanza. Al final del primer curso, en el mismo mes de Mayo de 1915, obtenía cinco sobresalientes, cuatro de ellos con aplicación de matrícula de honor. El resto del bachillerato no fue ya cursado en Reus.

Menorca: traslado, bachillerato y estudios de licenciatura

Destinado D. Josep Jansà i Capdevila al Instituto General y Técnico de Maó (Menorca) como catedrático de Matemáticas, se traslada toda la familia a dicha ciudad. En este Instituto reemprende Josep M. sus estudios de bachillerato en el curso 1915-1916 en el que, como en los siguientes, continúa con su cosecha de merecidísimos triunfos. Lo prueba el que al finalizar el bachillerato en el curso 1919-1920, además del citado premio extraordinario de ingreso, constaba la calificación de sobresaliente con matrícula de honor en 26 papeletas de examen, con lo cual se hacía acreedor indiscutible al Premio Extraordinario de Bachillerato que le concedió el Instituto de Maó. Ello demostraba su capacidad de estudio, de comprensión y de aptitud en toda clase de disciplinas: obtuvo sobresaliente con matrícula de honor en todo el campo de las matemáticas; en el de Historia y de Geografía; en el de Ciencias Naturales; en Literatura y en las Lenguas Castellana, Latina y Francesa; en Física, en Química y en todas las asignaturas denominadas filosóficas y hasta en Dibujo y Caligrafía. Hay que anotar que en la papeleta de examen de la asignatura Gimnasia 2º curso figura la calificación de aprobado. Toda la matriculación del bachillerato consta como Enseñanza Oficial, por tanto con asistencia a las clases impartidas en los respectivos institutos. Indudablemente, un triunfo tal en los estudios de segunda enseñanza constituía una primera base de la grande y extensa cultura que iba a demostrar dentro de pocos años.

La Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona, en el curso 1921-1922 aplicó el premio extraordinario de Bachillerato a la matrícula de honor a las asignaturas de Análisis Matemático 1º, Química General y Geometría Métrica. En los exámenes de Junio obtenía Josep M. las calificaciones de aprobado, aprobado y notable, respectivamente, en estas asignaturas, a las cuales se presentó por Enseñanza no Oficial, es decir, por libre. No hay que olvidar que su padre era físico y matemático y debió ser su tutor y preparador en dichos estudios. No se presentó nuevamente a exámenes hasta Junio de 1924 en los que consiguió aprobado de Análisis 2º, Física General y Geometría Analítica, también en enseñanza libre.

Menorca. Formación académica, trastornos de salud y servicio militar

La no comparecencia a exámenes en el curso 1922-1923 se debió a interrupciones en sus estudios, que se repitieron en cursos posteriores, debido a dos causas principales. En primer lugar por problemas de salud, con padecimiento de vértigos que le condujeron a la pérdida completa de audición en un oído, el izquierdo. Posiblemente esto tuvo una consecuencia importante: la dicción de Jansà no era buena; se le notaba a veces, no siempre, un ligero tartamudeo y una pronunciación no perfecta de algunos sonidos, especialmente de algunas consonantes, sobre todo al expresarse en castellano, lo cual es bastante normal para quien, como él, era el catalán su lengua materna. Pudo ello incidir, desventajosamente, en sus explicaciones orales en clases y conferencias y hasta en sus propios exámenes. Por otra parte, la listeza de Jansà manifestada en la captación rápida de las ideas expresadas por sus interlocutores, hacía que pocas personas notaran por completo el defecto citado. Yo mismo debo reconocer que aun cuando me constaba la dificultad que él tenía en su oído, no recuerdo que llegara a saber nunca de la pérdida total de la audición en el mismo. La posible causa expuesta del citado defecto de dicción es simplemente una apreciación por parte mía, hecha muy posteriormente a su conocimiento.

En segundo lugar, al cumplimiento de su servicio militar. Tenemos anotado que a finales del año 1922 se presentó voluntario y que a comienzos del año siguiente sentaba plaza como artillero segundo en el Regimiento de Artillería de Costa, en Maó. En el mismo año ascendió a cabo y después a sargento de complemento; en enero del año 1924, después de su ascenso a suboficial, obtuvo una licencia ilimitada. En noviembre del año siguiente, 1925, se le expedía el Real Despacho por el que se le concedía el empleo de Alférez de Complemento del Arma de Artillería. Sorprende que habiendo padecido de vértigo y de pérdida de un oído no se le eximiera del servicio militar. La explicación única que damos a este hecho los que le hemos conocido, y en particular sus familiares, es simplemente que ocultara, y lo consiguiera, su defecto en el reconocimiento médico al que se supone tuvo que acceder. De ser válida esta explicación, podría constituir una clave más en el análisis de la personalidad de Jansà: su voluntad de servicio y de superación de dificultades de que estaba dotado.

A pesar de todo ello, es justamente en estos años difíciles cuando Jansà inicia su labor de comunicación a distintos medios de aquellos conocimientos de orden científico que él mismo debió estar adquiriendo en esa misma época: sabemos que en diciembre de 1923, poco tiempo después de que ingresara en el Ateneo de Maó como socio numerario, obtuvo el premio de la Fundación Pelfort otorgado por la Sociedad Barcelonesa de Amigos del País y que en 1924 la Sociedad Astronómica de España y América, de Barcelona, le concedió asimismo un premio. No conocemos el contenido de estos trabajos. Pero es que, además, es también sorprendente, y positivamente revelador, el hecho de que en el mismo año 1924 publicara en el número de enero de la *Revista de Menorca* nada menos que un artículo titulado «Apostillas a la teoría relativista», y que en el número de julio «atacara» con este otro: «A propósito de Planck». Conviene recordar que Jansà cumplía entonces 23 años, había iniciado solamente sus estudios de la licenciatura en Físicas y que Einstein había dado a conocer su Teoría de la Relatividad en 1916, tan sólo ocho años antes. El afán por saber de Josep M. debió ser impresionante y desde luego contaría con bibliografía muy reciente, con seguridad en versión original. Creemos ver aquí, nuevamente, el tutelaje de su padre. Debió ser por estos años cuando Jansà, hijo, estudió alemán, idioma que llegó a aprender bien en su forma escrita y aceptablemente en la expresión oral.

En el curso 1924-1925 obtiene, en junio, aprobado en la asignatura Elementos de Cálculo y, curiosamente, un suspenso en la de Cosmografía y Física del Globo, la cual aprobó en el examen de septiembre. En el curso siguiente, 1925-1926, consignamos en Junio un suspenso en Complementos de Cálculo, que aprobó en septiembre, aprobado en Mecánica Racional y, ya «in crescendo», notable en Terminología y sobresaliente en las dos últimas asignaturas: Electricidad y Magnetismo y Acústica y Óptica, ambas papeletas firmadas por el eminente Dr. Jardí. Consigue, pues, la Licenciatura en Ciencias, Sección de Físicas en septiembre de 1926, pero el Título no le sería expedido hasta mayo de 1929.

Tendrán que pasar bastantes años, y suceder muchos acontecimientos, para que pudiera reanudar sus estudios académicos hasta la consecución del Título de Doctor en Ciencias.

Menorca. Meteorología: primeros contactos, oposiciones a meteorólogo y primer destino

Ya en posesión del título de Licenciado en Ciencias, es desde este año 1926 que inicia Jansà su etapa menorquina dedicado a la meteorología. Justamente, en el año anterior, el entonces denominado Servicio Meteorológico Español, SME, había creado el Observatorio de Maó, ubicado en la Base Naval, y nombrado responsable del mismo al Auxiliar de Meteorología D. Manuel Miquel. En 1926, en este lugar, Josep M. comienza su cometido desde el primer escalón, fundamental, de la ciencia del tiempo: como Observador de Meteorología, suponemos que en calidad de interino o de colaborador, retribuido o no. En este mismo año, además, es nombrado ayudante interino en el Instituto de Maó. Estas dos facetas de su vida, la meteorología y la enseñanza serán simultaneadas ya hasta su jubilación.

Su carrera meteorológica no ha hecho sino comenzar. La preparación que lleva a cabo para situaciones posteriores debe realizarla de forma continua, sobre la marcha: ingresa en el SME en enero de 1929, como Auxiliar de Meteorología y es destinado al propio Observatorio de la Base Naval. Previas las condiciones y la oposición correspondientes, obtiene el nombramiento de Meteorólogo facultativo, de entrada. Muy poco tiempo después se crea el Centro Meteorológico de Baleares, con sede en Maó, y Jansà es nombrado su Jefe. Ejercerá sus funciones como tal desde el emplazamiento del observatorio citado.

No es de extrañar que se situara en Maó al Centro Meteorológico de Baleares y no en la capital de la provincia, Palma de Mallorca, puesto que únicamente en el Observatorio de la Base Naval había personal funcionario del SME y uno de ellos, Josep M. Jansà, acababa de ser nombrado Meteorólogo; no había entonces en Baleares ningún otro funcionario de esta categoría. En Palma venía funcionando desde 1862 un observatorio bastante completo que estaba a cargo del profesorado del Instituto. En Maó, desde el mismo año 1862, existía otro buen observatorio, fundado y dirigido por un aficionado muy competente y entusiasta, D. Joaquim Carreras; en 1885 le sucedió D. Maurici Hernández, farmacéutico, y a éste su hija María Luisa. Por otra parte, la Diputación Provincial de Baleares había creado una Oficina Climatológica y una red de unas 20 estaciones pluviométricas, algunas además con termómetros y veletas anemométricas. Además del Observatorio de la Base Naval existía, pues, en Baleares, ese sistema observacional al ser nombrado Jansà Jefe del Centro Meteorológico. Conseguir aunar todo el esfuerzo dedicado a la observación del tiempo, recopilar, homogeneizar y estudiar la base de datos existente, precisar cada vez más el clima balear, debió ser una de las prioridades sin duda de la tarea emprendida al iniciarse la jefatura de Jansà.

Menorca. Trabajos publicados: técnicos, periodísticos, conferencias, etc

En esta misma etapa, que hemos dado en llamar menorquina, es muy vasta la producción de Jansà en trabajos publicados en periódicos y revistas. Afortunadamente, hemos encontrado buena relación de ellos en notas escritas de su propia mano así como también en muchos recortes de prensa cuidadosamente guardados en carpetas tituladas. Por ejemplo, hemos podido leer unos treinta artículos publicados en *El Bien Público*, diario monárquico de Maó, en los años 1929-1931, escritos bajo el seudónimo de ALCOR, en un



1926



1940



1959



1965



1972

A handwritten signature in cursive script, reading "Josep M. Jansà".

Josep M. Jansà Guardiola. Reus, 1901-Maó, 1994.

castellano que dominaba a la perfección en su versión escrita, en los que trata magistralmente una gran variedad de temas. A unos los podemos calificar de meteorológicos —sobre la tramontana, las nubes, la luz del cielo nocturno, la atmósfera, el verano, el invierno, pronóstico y predicción...—. Otros, de física general —historia de un rayo de sol, la flecha del tiempo, el principio de indeterminación (recordemos que Heisenberg lo enunció el año 1927, cuatro años antes tan sólo de la publicación de este artículo por Jansà), sobre la constitución de la materia, rayos y ondas, la energía en polvo, ... Algunos, además, doctrinales, sobre el materialismo científico (en su contraposición con el dogma), sobre la falta de espíritu matemático, etc. etc. Si, por la naturaleza del medio en que se publicaban, todos los artículos debían ser de divulgación, su lectura nos lleva a atribuirles la consideración de alta divulgación. Los conceptos que exponían podían ser comprendidos por un lector normal, pero sin menoscabo de un buen rigor científico.

En esta misma etapa, además de lo que ya en su momento citamos, como «ópera prima» publicado en la Revista de Menorca, en esta misma comentó en 1925 el «universo sideral» y en el año 1933 consideró el régimen pluviométrico de la isla y unas formaciones de nubes observadas en Maó. Resulta curioso saber que antes de haber ingresado en el Servicio Meteorológico, es decir siendo un «aficionado», en 1928 y en los *Anales de la Sociedad Española de Meteorología* se le admitiera un artículo sobre la tramontana. En la misma publicación, el año siguiente, su necesidad de precisar conceptos le hizo escribir para ésta un artículo «sobre el concepto no termodinámico de la temperatura», que tuvo aceptación. No obstante, años, muchos años más tarde, comentando esta idea, D. Josep M. me confesó su equivocación, que el concepto tal como lo había expuesto en aquel entonces, no dejaba de ser un concepto puramente termodinámico. Naturalmente, sus explicaciones, que ya no recuerdo, me convencieron por completo. El reconocimiento de su equivocación pasada, innecesario por otra parte, era un detalle demostrativo de la rectitud constante en su proceder. No tan solo su inquietud juvenil por la precisión en campos de la física, en general, y de la meteorología en particular, le inducían a pensar y a escribir sobre los temas ya expuestos, sino que también sus ideas sobre conceptos de matemática pura —hexágonos de Brianchon, haces de círculos, derivación de funciones inversas— se publicaron en la «Gaceta Matemática», Madrid, en 1933 y en 1947.

Por otra parte, ya en diciembre de 1929, el Boletín del Ateneo, como suplemento de la «Revista de Menorca», anunciaba que el Jefe del Observatorio Meteorológico y Profesor del Instituto Nacional de 2a Enseñanza, D. Josep M. Jansà Guardiola desarrollaría durante el curso un ciclo de cinco conferencias, bajo el siguiente tema general «De las abstracciones matemáticas a las realidades físicas», (ya obsesionado por la precisión y puntualización de los conceptos), con títulos tales como: «La génesis de las cosas y de los números», «Fantasías hipergeométricas», «Bordeando el absurdo», «El almacén lógico de la realidad física» y «Más allá del absurdo». De títulos tan sugerentes no conocemos los textos aunque es de suponer que podrían encontrarse en hemerotecas mahonesas. Es conocido que en aquella época, Maó conocía una intensa actividad cultural, de la cual era el Ateneo su eje, sino que poseía incluso una tradición científica de significación. Como hemos visto, Jansà entró en seguida a participar de esa actividad y posteriormente a reforzar indudablemente esta tradición. Actividad que podemos considerar que se extendía a otros campos, distintos de los específicos de la ciencia en general y de la meteorología en sentido más restringido, pero siempre en relación con ellos. Por ejemplo: una observación atenta de lo que ahora denominaríamos su entorno físico, su medio ambiente en sentido lato, y su explicación personal y su representación plástica. También, la arquitectura: en aquel tiempo construyó nada menos que una catedral gótica, rigurosamente pura en todos

sus detalles. Naturalmente no pudo utilizar la piedra como material, como indudablemente hubiera sido su deseo, posiblemente representativo de una cierta frustración vocacional, sino la cartulina, y como instrumental las tijeras y la regla y el cartabón. La contemplación de la diminuta catedral, desmontable para que pudiera ser vista por su interior, era una pura delicia. Figuró siempre bajo una campana de cristal, en lugar preferente de su domicilio.

En esta misma época, entre sus primeros trabajos de investigación figura la «Contribución al estudio de la tramontana en Menorca», publicación del SMN, serie A n° 3, 1933. Utiliza en el estudio sus propias observaciones en la Base Naval, desde 1926 a 1930. A pesar de lo limitado de la serie de datos y de usar un instrumental modesto, el estudio es casi exhaustivo: determina la frecuencia de este viento, su duración y distribución horaria, da indicaciones de su intensidad y aprovechando las observaciones con globo piloto, iniciadas no mucho antes, estudia la variación vertical del viento en días de tramontana y compara los resultados con los obtenidos en este tipo de sondeos en diversas partes de la tierra. Analiza también la relación existente entre la tramontana y la temperatura y humedad del aire en superficie, con la nubosidad y con la lluvia y, naturalmente, con las situaciones isobáricas que conducen a la aparición de la tramontana en la isla de Menorca. Otros dos trabajos de esos años fueron publicados por el SMN. Uno de ellos es «Notas para una climatología de Menorca. Régimen de vientos», Serie A, n° 4, 1934, en el cual introduce el concepto de «flujo del aire», con el resultado de poner de manifiesto la existencia de una corriente aérea, no compensada, sobre la isla y su entorno del Mediterráneo Occidental, dirigida de norte a sur y a la cual se superpone otra corriente de oscilación estacional relacionada con el régimen monzónico de la península ibérica. El otro trabajo, relacionado con el anterior, es «Notas para una climatología de Menorca. Vientos en altura», Serie A n° 12, que se publicó más tarde, en 1943. Consiste en un examen muy detallado y prolijo y en el que introduce, como apéndice interesante para la aeronáutica de aquellos tiempos, los resultados obtenidos sobre la altura de los diversos tipos de nubes. Ya en forma de libro y reuniendo todo el conjunto de materiales de observación propia y anteriores, escribe «Nociones de Climatología General y de Menorca», que no sería publicado hasta 1961, en Maó, auspiciado por la Cooperativa del Campo Virgen de Monte Toro y editado por la imprenta Sintet Rotger.

D. Josep M. Jansà contrajo matrimonio el 10 de julio de 1935 con D^a Emilia Clar, menorquina, de Maó, procedente de familia pequeño-burguesa, marinera e industrial. D^a Emilia, Emilia para nosotros, todo simpatía, viveza y bondad innatas, fue el apoyo constante y seguro de su marido: envidiable, modélico, entrañable, adjetivos no tópicos en este caso, fue este matrimonio. Sus cuatro hijos nacieron durante la época mallorquina, entre 1947 y 1953.

Menorca. Época 1936-1939

Del período julio 1936-abril 1939 hemos leído, en la revista *La Meteorología*, publicada por el Instituto Nacional de Meteorología, y transcribimos, lo siguiente: «Al estallar la Guerra Civil el desorden en Menorca, que se mantendrá republicana casi hasta el final, es grande. La venganza y la persecución son implacables. La familia Jansà, profundamente religiosa, pierde a un miembro, Francesc, hermano de Josep Maria, sacerdote, que es fusilado. Y se dispersa y esconde. Luego vuelve un orden relativo y los ánimos se serenán algo. Por entonces, hacia 1938, surge una necesidad imperiosa, hay que dar apoyo meteorológico a la aviación, no sólo a los aviones militares, sino a los

comerciales franceses que cubren la ruta Marsella-Argel, que no puede hacer escala en Palma, zona «nacional», y tienen que tocar Menorca. J. M. Jansà es localizado y requerido para organizar el servicio. Cierra el Observatorio de la Base Naval y establece uno en la ciudad (que funcionará hasta finales de los 60) y puntos de observación en el Aeródromo de Sant Lluís y en el Puerto de Fornells, entre otros. Cuenta con un ayudante, Terrés, y varios informadores. En Palma, se organiza una Jefatura de Meteorología de la Zona Aérea, con meteorólogos italianos y españoles, que va a dirigir Inocencio Font.

Nos han contado: acabada la guerra, una persona se personó en el domicilio de los Jansà, en Maó, con la pretensión de informarles y darles a conocer el nombre del autor de la muerte del hermano sacerdote; D. Josep M., que había perdonado, ni siquiera quiso recibir a esa persona. En esa misma época, falleció D. Josep Jansà Capdevila, el padre de Josep Maria.

Mallorca. Nombramiento y traslado

Terminada la Guerra Civil, el gobierno reorganizó por decreto el servicio meteorológico español que, como consecuencia de ella, había quedado dividido, constituyéndolo como Servicio Meteorológico Nacional en 1940 adscrito al recién creado Ministerio del Aire y militarizó a los componentes de las escalas Facultativa de Meteorólogos y Técnica de Ayudantes de Meteorología, que junto con la de Administrativo-Calculadores formaban las tres escalas del Servicio, y les asignó la equiparación militar de «asimilados», más adelante reducida a «considerados», con sus empleos y distintivos correlacionados con las categorías existentes en la Administración Civil, que conservaron los funcionarios de las tres escalas.

Previa una denominada depuración efectuada entre el personal al cual le había correspondido realizar sus funciones en la llamada zona republicana, depuración a la que tuvo que someterse Josep M. Jansà, se establecieron unas plantillas para las tres escalas y se procedió a cubrirlas con los respectivos funcionarios. Como queda dicho, Jansà fue nombrado Jefe del Centro Meteorológico de Baleares, cargo que comprendía el de Jefe de Meteorología de la Zona Aérea de Baleares. Las oficinas del Centro estaban instaladas en un ático del edificio que ocupaba la Zona y el Observatorio de Palma de Mallorca en una pequeña habitación situada en las terrazas superiores del mismo edificio, en área urbana. El instrumental de intemperie se repartía entre estas terrazas y el jardín de la casa, no muy amplio, en donde estaba emplazada la garita meteorológica. Este observatorio, constituido como un punto de las redes sinópticas nacional e internacional, y como representativo de las condiciones climáticas de la ciudad de Palma y su entorno, fue desde el año 1936 el continuador del que estuvo funcionando en el Instituto de 2a Enseñanza, en sus dos ubicaciones: la última en Vía Alemania y la inicial, cuando su creación, en la calle de Montesión. Una de las primeras preocupaciones del Sr. Jansà fue la homogeneización de las dos primeras series de observaciones con la que se estaba construyendo en la calle de Enrique Lladó, en la citada Jefatura de la Zona.

Bajo la dependencia orgánica de Jansà funcionaban el Observatorio de Maó, que él había trasladado desde la Base Naval a un edificio alquilado de la plaza de la Explanada, los de las Bases Aéreas de Pollença y de la isla de Formentera, estos servidos por personal militar, y el de nueva creación instalado en el aeródromo de es Codolar, en Eivissa. Pronto empezó a funcionar también el observatorio del aeropuerto de Son Bonet, bien dotado de material, que se incorporó a la red sinóptica. Una estación meteorológica de ayuda

aeronáutica continuaba operando en la cercana Base Aérea de Son Sant Joan. Con estos «mimbres» inició Jansà la confección y descripción del clima de las Islas Baleares, que fue perfeccionando continuamente.

Mallorca. Servicio Meteorológico Nacional. Organización del Centro Meteorológico de Baleares

Desde el momento de su toma de posesión de la jefatura del Centro, Jansà desarrolló y llevó a cabo de modo inmejorable, una gigantesca tarea. Para su perfecta y completa comprensión hay que estudiar con alguna detención sus diversos aspectos: la organización y la dirección de la actividad meteorológica y funcional del Centro; el estudio casi exhaustivo de la meteorología mediterránea y del clima balear; la dedicación científica, a la que de ningún modo hubiera renunciado; la dedicación a la enseñanza secundaria de física y matemáticas, inevitable entonces por razones económicas, etc. Y en todos estos aspectos importa poner de manifiesto en que consistía la impronta de Jansà en ellos.

Sus dotes para la organización y el mando, con ideas muy claras y una autoridad indiscutida, le permitieron ejercer una dirección muy eficiente. Prácticamente, la totalidad del personal profesional que estábamos a sus órdenes sabíamos que esta autoridad se ejercía siempre sin opresión, sin notarse, sin que mediara una palabra que pudiera sonar como una orden. Cuando tenía que hacer una recomendación, o incluso una reconvención, más o menos seria, la expresaba en el seno de una conversación en términos que podían parecer generales, pero que calaban plácidamente en la persona a la que iba dirigida. En muy pocas veces le vimos modificar esta actitud y adoptar una forma más severa: en tal caso, no nos fallaba la suposición de a quién podía estar dirigida la reconvención o advertencia.

Sobre una base ya establecida por Inocencio Font, anterior Jefe de Meteorología de la Zona Aérea de Baleares, que en realidad funcionaba ya como Centro Meteorológico, Josep M. Jansà procedió a la organización del Centro recién creado. Y lo hizo, al principio al modo de funcionamiento de la Oficina Central del S. M. N., instalada entonces en el edificio del parque del Retiro, en Madrid. Es decir, con su oficina de Predicción que emitía Boletines diarios para el área de Baleares dirigidos a autoridades civiles y militares y medios de comunicación al público en general; de esta oficina se encargó directamente Jansà, con personal auxiliar técnico, de cartografía y de recepción de partes por radio, de lo cual se encargaba personal militar de Aviación. La predicción del tiempo resultaba ser un trabajo muy comprometido pues no hay que olvidar que por aquellas fechas, y durante algunos años, no se disponía de información procedente de los países enzarzados en la segunda guerra mundial. Apenas se podía disponer de los partes de España y Portugal y pocos más, de modo que con la escasez de datos con que se dibujaban los mapas sinópticos tan sólo una persona muy experimentada como Jansà podía sacar provecho de ellos y salir airoso en su cometido. De la climatología balear se encargó personalmente el propio Jansà ayudado por los administrativo-calculadores, consiguiendo un gran aprovechamiento de los datos existentes y elaborando la climatología de la región con la meticulosidad y rigor que tendremos nueva ocasión de comentar.

La red pluviométrica, que se había montado antes de 1936 y que pertenecía, como se ha dicho, a la Diputación Provincial, pasó a depender del Centro, por un convenio que fue establecido. El Sr. Anckerman que era el coordinador de esta red quedó adscrito al Centro, en calidad de colaborador. A partir de entonces, Jansà organizó una red termo-

pluviométrica de densidad adecuada y buena operatividad para que sus datos, como complementarios de los ya existentes, sirvieran de base para el trazado de mapas pluviométricos e hidrológicos, lo suficientemente representativos de las posibilidades reales de las islas en materia de agua aprovechable para las futuras demandas de ella, que forzosamente habrían de presentarse con un previsto inminente desarrollo industrial, primero, y con un extraordinario crecimiento turístico esperado para pocos años después. Jansà inició una inteligente política de contactos con estamentos agrícolas, industriales, de obras públicas y redes eléctricas, con el magisterio y ayuntamientos, etc., es decir con personas y entidades que accedieran a establecer y mantener puntos estables de la citada red. Tenía también interés en conseguir un fructuoso intercambio de datos con los procedentes de estaciones creadas por otros estamentos, por ejemplo con los que tenían pluviómetros instalados en puntos de la zona montañosa de Mallorca, como contribución al proyecto de construcción de embalses. Paulatinamente se fue pasando de tener una red constituida por no muchas estaciones a la red densa y eficaz que operaba francamente bien en la década de los años sesenta.

El buen éxito de cooperación obtenido se debió en gran parte a la creación, y publicación rigurosamente sistemática, del Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares, en 1943. Jansà logró que los datos, cada vez más numerosos y correctos, publicados sin demora, puntualmente todos los meses en el Boletín, remitidos por los colaboradores produjera en ellos una gran emulación y un fuerte sentido de responsabilidad en las tareas de la observación, del cuidado del instrumental y de la pulcritud en la toma de los datos. Además, sus famosas páginas de divulgación meteorológica expandieron un conocimiento de la ciencia del tiempo francamente apreciable.

En esta primera fase organizativa del Centro, no debió serle fácil a Jansà encauzar las líneas de actuación que se había propuesto. Todo el servicio meteorológico estaba en evolución y los planes de los jefes de Centro venían subordinados a los generales planteados a la Oficina Central: reordenación de redes de observación; sustitución de instrumental inadecuado u obsoleto por otro moderno y eficaz; cooperación internacional en revisión; obras en nuevas o renovadas estructuras; reorganización de las plantillas de personal funcionario y contratado, coordinación con personal militar y colaborador, etc., etc. Pasaron varios meses antes de que los que estábamos a las inmediatas órdenes de Jansà recibiéramos de él mandatos e instrucciones para trabajos específicos, además de los normales para un funcionamiento rutinario del Centro, que permitieran contemplar un efectivo aumento y mejora de las actividades que cabía esperar. En alguna ocasión, el propio Jansà nos manifestó su contrariedad por no tener estructurado todavía por completo el plan que estaba construyendo, pero nos dábamos cuenta que había demasiados condicionantes ajenos a su voluntad que lo retrasaban.

El avance en la organización fue, poco a poco, acelerándose. Se dotó a los observatorios y estaciones complementarias de nuevo y buen material meteorológico, gran parte de la casa Fuess alemana y otra de fabricación nacional. En particular, el montaje del eficiente anemo-cinémógrafo en los observatorios de Palma, Maó, Eivissa, Formentera, Alcúdia/Pollença, Son Sant Joan, Son Bonet, puso a prueba al personal dedicado a ello. La Aeronáutica, al principio la militar e inmediatamente después la comercial, tenía sus exigencias crecientes al compás del desarrollo que experimentaba y, sobre todo, del que se veía venir, ya acabado el conflicto bélico mundial de los años cuarenta. Los observatorios más importantes de la red sinóptica se trasladaron a los aeropuertos: Mallorca/Son Bonet, Menorca/Sant Lluís y Eivissa/es Codolar. Creada la Oficina Meteorológica de Son Bonet, fue designada por Jansà como sección de predicción del Centro de Baleares, al objeto de

no duplicar este tipo de información especial y de demanda creciente, por lo que cesó la que venía funcionando en Palma y el personal adscrito pasó a trabajar a Son Bonet. El año 1953 fue creada la Estación de radio-sondeos, en Son Bonet, lo que era una necesidad apremiante en la red aerológica internacional, instalación muy recomendada por la Organización Meteorológica Mundial. De su montaje y funcionamiento como jefe de la misma se encargó Eduardo Jaume, poseedor de un título para ello adquirido en Alemania. Es decir: superada una primera fase inicial de espera, Josep M. Jansà supo y pudo avanzar firmemente en el desarrollo en todo orden de la meteorología balear dentro del marco nacional en la cual se desenvolvía.

A las funciones técnicas que implicaba ese desarrollo, había que añadir las más prosaicas, y no menos importantes, de la confección, distribución y regulación del presupuesto económico, siempre más escaso de lo necesario, que tenía que sustentar la marcha del Centro, consignado por la jefatura del S. M. N. En estos trabajos y preocupaciones tuvo Jansà la ayuda eficaz de personas de la Escala de Administrativos Calculadores, con el apoyo reglamentario de interventores y técnicos del Ejército del Aire. Bien seguro que en Menorca tuvo experiencia suficiente para administrar con pocos dineros el observatorio a su cargo: las dependencias oficiales nunca estuvieron dotadas con esplendidez. Don Josep M., una vez, en los comienzos de estar en Palma, consideró que algunos muebles de su despacho no presentaban un aspecto adecuado, digno de una jefatura de Centro; en particular unas vitrinas para libros, pintadas. Sin comentarnos nada, un domingo por la mañana armóse con brochas y botes de pintura, se revistió con una bata y suponiendo que estaba sólo en aquellas habitaciones se dedicó a lijar, repasar y repintar la susodichas librerías; con mano muy hábil, ciertamente. Algunos que, por cuestiones de servicio, estábamos en una dependencia cercana, en el observatorio, acudimos al darnos cuenta de su presencia. El no se inmutó, no había motivo alguno: consideraba una cosa normal lo que estaba haciendo, dada la circunstancia de estar la partida del presupuesto agotada. En seguida aprendimos la lección, que no había sido intencionada: nos agenciamos unas brochas y ayudamos a nuestro jefe a remozar los muebles de su despacho. En el transcurso del tiempo fue en aumento la consignación para el mantenimiento del mobiliario, incluso para su renovación, pero de todos modos tuvo siempre Jansà que hacer equilibrios con los dineros del Centro para mantener las dependencias en el tono digno que correspondía.

Del escaso número de personas asignadas al Centro cuando se incorporó a él como jefe Josep M. Jansà, se llegó, año tras año, a constituir una numerosa plantilla. Además del personal civil perteneciente a las Escalas, posteriormente transformadas en Cuerpos del Estado, de Meteorólogos, Ayudantes (o Técnicos) y Administrativo-Calculadores, del creado Cuerpo de Observadores, así como de algunas personas con contrato laboral, hay que hacer buena mención del personal militar que había sido colocado bajo la dependencia funcional del Jefe del Centro, tanto por la aportación muy meritoria de dicho personal en cuanto desarrollaba las misiones meteorológicas propias del Centro y de la Jefatura de Meteorología como por la especial compenetración que se alcanzó con la jefatura de estos organismos, encarnada en Josep M. Jansà, al fin y al cabo un funcionario civil si bien investido de una graduación militar considerada. Nunca la autoridad le fue, a él, discutida. El respectivo tratamiento siempre se manifestó correcto: busquemos, en parte, en su aprendizaje como oficial de complemento de artillería y en los contactos que hubo de tener con la oficialidad de la Base Naval de Maó, su modo de hacer y su modo de estar, de saber estar en un ámbito militar. Digámoslo en el haber de las personas que pertenecientes a la extinta Escala de Especialistas de Meteorología del E. del A. —y de alguna otra Escala,

por ejemplo de Radiotelegrafistas que tanto apoyo prestaron en su momento al Centro M.— de todas las graduaciones, que estuvieron destinadas en algún puesto dependiente, repitámoslo, funcionalmente de Jansà. Bastantes de esas personas, pasado el tiempo y fuera ya de situaciones de dependencia, han mantenido con D. Josep M. una relación de buena amistad hasta el último instante.

No debe ser siempre fácil para un jefe o director formado en un ámbito científico y académico adoptar las dotes de mando convenientes para el «manejo» de un personal tan complejo y variado en una función técnico-administrativa. La atención a los deseos propios de cada persona a sus órdenes, de tipo orgánico, están demasiadas veces muy alejadas de las conveniencias del mando para conseguir la perfecta coordinación de todos los elementos necesarios para el buen funcionamiento del organismo a su cargo. Jansà tuvo esas dotes de mando y, salvo algún caso aislado, pudo casar con satisfacción el deseo con la necesidad. Lo prueba el que sería muy difícil encontrar entre las personas que trabajaron con Jansà, tanto en las oficinas del propio Centro como en las dependencias alejadas de éste, como observatorios, aeropuertos, estaciones meteorológicas, etc., alguna que discrepara del concepto que teníamos, que tenemos, de él y que se puede expresar sin reparos. Jansà fue un buen jefe, muy buen jefe, en toda la acepción del término.

Hay que considerar, además, el medio, el entorno en que tuvo que desenvolverse. Recordemos que en esta época de su vida, desde que se hizo cargo del Centro hasta que lo dejó para trasladarse a Madrid, en esos 25 años, su despacho, su observatorio, todas las oficinas, etc. estaban situadas en el edificio de la Jefatura de la Zona Aérea, y dependían de sus autoridades. Como Jefe del C. M. de Baleares estaba orgánicamente supeditado a la Oficina Central de Madrid; como Jefe de Meteorología de la Z. A. dependía del General Jefe de la misma, a través de la jefatura de Estado Mayor. Para un hombre de su formación, insistamos en ello, no siempre su concepción del deber tenía por qué estar en sintonía con la concepción militar del mismo, a pesar de la graduación castrense considerada que le fue asignada. Sin embargo, no sé que tuviera en ningún momento dificultad alguna en estas especiales relaciones con las autoridades militares. Es más, se puede asegurar que si bien al principio de su mandato, iniciado en tiempos de la postguerra civil, hubiera podido tener el mando militar inmediato un cierto recelo debido al espacio geográfico en que Jansà tuvo que desenvolverse en el transcurso de la contienda, muy pronto tuvo que desaparecer en reconocimiento de la hombría de bien de Don Josep M., de su prudencia, de su capacidad de trabajo y de sus amplios conocimientos en muchos campos de la ciencia y, desde luego, en el de la meteorología.

Sabía, de todos modos, hacer reconocer su autoridad cuando las circunstancias lo requerían, ante quien fuere, bien fuera directamente o por un procedimiento envolvente. Cierta anécdota podría ilustrar este punto.

A finales de los años cincuenta, el Ministerio del Aire creó la Dirección General de Protección de Vuelo, al objeto de coordinar la Aeronáutica Civil, y la militar, con los organismos internacionales competentes, nombrando como Director General al entonces coronel Sr. Azcárraga, que era a su vez Jefe del Servicio Meteorológico, sin perjuicio de este cargo, y que ostentaba una Vicepresidencia de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Se nombraron a su vez jefes de Protección de Vuelo en las distintas Regiones y Zonas Aéreas, y en la de Baleares ocupó en su momento ese cargo un determinado coronel de la Escala del Aire, cuya oficina estaba situada en una dependencia del aeropuerto de Son Bonet, a distancia relativamente próxima de la Oficina Meteorológica del mismo aeropuerto. A este señor coronel se le ocurrió la idea de que el Jefe de Meteorología de la Zona, que dependía del Jefe del Servicio Meteorológico y Director General de Protección de Vuelo, debía estar subordinado al Jefe de Protección de Vuelo de la Zona, en las

cuestiones relacionadas con la Aeronáutica. Creo que no había orden alguna procedente de una autoridad superior: no había nada escrito. A Jansà no le satisfizo esa pretensión. Ignoro si se asesoró, pero decidió obrar en consecuencia.

A tal fin, delegó en el Jefe de la Oficina de Meteorológica de Son Bonet las funciones de Jefe de Meteorología de Zona y por tanto recayeron en mí como jefe de tal oficina esas atribuciones. Me presenté al citado Sr. Coronel, con el cual tenía relaciones de vecindad cercana y que me merecía, y siguió mereciéndome, consideración de persona inteligente, el cual aceptó esta vía de subordinación propuesta por Jansà. Fue habilitado un nuevo despacho, próximo al del coronel, para la tramitación de los asuntos que hubiera que resolver, nuevo mobiliario y el material conveniente y en estos trámites se pasaron varias semanas. Realizaba yo, cuando mis trabajos en el aeropuerto me lo permitían, desplazamientos a la nueva dependencia, en donde realmente brillaban los asuntos por su ausencia, pero conversaba con el coronel, ciertamente muy poco sobre estos asuntos inexistentes pero sí de materias que eran del agrado del jefe, como literatura, música, ciencias en general, etc., o de algunas otras en las que él se mostraba realmente conocedor. A causa de mis trabajos, por motivo de vacaciones, por viajes del coronel, etc., mis visitas a la oficina de marras fueron espaciándose en el tiempo, tanto que llegaron a disolverse en el olvido. Bastante tiempo después, mi vecino el Sr. Coronel me comentó, usando una frase muy gráfica, y con buen humor el resultado a que había conducido el procedimiento que había ideado Jansà, con cierta colaboración por mi parte, para obviar su inicial pretensión. Ya se ha dicho que mi vecino era realmente inteligente.

Mallorca. Meteorología: trabajos sobre el clima y tiempo en las Baleares

Don Josep M. ha sido sin duda el más prolífico y polifacético de los meteorólogos científicos españoles. En 1984 la Bibliografía Meteorológica reseñaba 107 títulos suyos, entre libros y artículos, aunque en realidad su obra es más extensa, como veremos. Mientras estaba comprometido, en su época mallorquina, en la organización y funcionamiento de su Centro producía sin cesar enseñanza meteorológica, teórica o de investigación, de aplicación y descriptiva de fenómenos atmosféricos, a alto nivel científico o bien de divulgación seria y precisa. Tal como había empezado en Menorca, realizaba sus estudios en forma autodidacta: a base de libros y concentración. En muchos de sus artículos, va más allá de los libros magistrales, en el sentido que desmenuza las teorías, colma lagunas y explica con precisión los detalles que en aquéllos suelen pasarse por alto. Varias vertientes pueden ser consideradas en su obra. Examinemos en primer lugar sus trabajos sobre clima y tiempo en Baleares, dentro del contexto geográfico del Mediterráneo Occidental.

En su afán por colmar las lagunas existentes en la comprensión total del clima de las Baleares, Jansà no dejaba de analizar, comentar y publicar cualquier fenómeno interesante que acaeciera en el Mediterráneo. Muchos «casos de estudio» presentados en forma de artículos, pueden citarse. Sus propios títulos pueden servirnos de guía en su motivación. Por ejemplo: en «Un frente tormentoso notable», (24-XI-42), (*Revista de Geofísica*, n° 17, 1946) nos describe una de tantas irrupciones del Norte, desde el golfo de León hasta Baleares, como una característica de este área marítima. Habida cuenta de la base informativa con que entonces se contaba, puede decirse que el estudio de este fenómeno es casi exhaustivo y que los numerosos casos posteriores estudiados han confirmado, y en todo caso han completado, su comprensión y explicación.

El problema del régimen de brisas en una isla de extensión moderada, pero suficiente como Mallorca, no había sido abordado hasta el momento, pese a que a muchos nos interesaba conocer la génesis y el proceso de estos vientos en la isla. En particular su aspecto práctico, como energía eólica que suministran, como patentizan los numerosos molinos utilizados para extracción de agua, y también para la industria de harinas u otras, para la navegación a vela, en la actualidad sólo la deportiva. No hay que olvidar que desde remota antigüedad y hasta los días de la época que nos ocupa, el aventado de los cereales sobre las eras se realizaba aprovechando la coincidencia de la época de la trilla y aventado con la época de mayor regularidad en la formación y desarrollo de la brisa marina, conocida en Mallorca como «l'embat». En «El régimen de brisas en la isla de Mallorca» (R. de G., n° 19, 1946), J. M. Jansà en colaboración con Eduardo Jaume, efectuaron un excelente trabajo que en la actualidad se mantiene perfectamente válido, como reconocen los «usuarios» de la brisa de mar, desde el sector turístico hasta el de regatas a vela que tan numerosas son a lo largo de nuestras costas. El buen conocimiento de las características de «l'embat» es primordial, tanto para la estrategia como para la táctica a adoptar por el perfecto regatista.

Los autores, al realizar su trabajo de investigación, a falta de una red de estaciones de observación de vientos, distribuida por la isla, procedieron a efectuar una encuesta entre campesinos, repartiendo muy ampliamente los cuestionarios por medio de la guardia civil rural. Las preguntas se referían a la dirección y otras circunstancias del viento que ellos consideraban más utilizable, en las eras de su finca, para la operación de aventado, para la separación del grano de la paja, en los trabajos de la trilla. Se consideraron válidas 720 papeletas, casi la totalidad de las repartidas. Unas pocas no fueron contestadas, ya que los suspicaces receptores de las mismas pensaron que las respuestas iban a servir de base para crear un impuesto por utilización del viento. Tanto el estudio teórico como el práctico dan explicación perfecta del problema de la brisa, y de la contrabrisa, no para una costa rectilínea, sino para el caso más complicado de una isla de forma casi rectangular y, además, con una pared montañosa a lo largo de uno de sus lados. Uno de los mapas conseguidos, el de líneas de corriente del régimen de brisas, puede servir de referencia y de indicador de la gran calidad del trabajo.

Análogamente, artículos tales como «Chubascos de primavera en Baleares» (R. de G. n° 32, 1949), «Lluvias de barro» (R. de G. n° 26), «Choques de presión en las irrupciones frías» (R. de G. n° 75, 1960), «La masa de aire mediterránea» (R. de G. n° 69, 1959), «El frente mediterráneo» (R. de G. n° 83, 1962) y varios otros como «Previsión del tiempo en el Mediterráneo Occidental» (1951), «La corriente en chorro mediterránea» (1963), etc. contribuyeron de forma decisiva a la comprensión de muchas particularidades del clima mediterráneo y sirvieron de base al texto de la conferencia magistral que Josep M. Jansà pronunció en Madrid, en 1964 en el Instituto de Meteorología, titulada así «Meteorología del Mediterráneo Occidental», publicada posteriormente (S.M.N. Serie A, n° 43, Madrid, 1966). Para Jansà, de quién ha podido decirse que fue el «profeta de la Meteorología Mediterránea» cuando pocos hablaban de este tema, hoy de moda y prioritario, es, la meteorología Mediterránea peculiar, autárquica y caprichosa. En los trabajos citados, él dio las bases para desentrañarla y sus estudios e ideas son el fundamento de sus seguidores en este campo.

La obra de Jansà, dentro del contexto de temas referidos a Baleares y su entorno, es mucho más extensa de lo que hemos citado hasta ahora: ya hemos dicho que en 1943 crea y edita el primer número del Boletín Mensual Climatológico del Centro M. de Baleares, que continúa publicándose en la actualidad, en cuyas páginas mes a mes, además de los datos climatológicos, aparecían comentarios y artículos, la mayoría de la mano de Jansà,

aunque sin firma. Todo cuanto, meteorológicamente hablando, pueda tener relación con Baleares está tratado, a uno u otro nivel de comprensión, en el Boletín. Sobre «vientos» o «calmas nocturnas», sobre «persistentes sequías», «lluvias de barro» o «chubascos por la noche», sobre la «insolación» o «la luna y el tiempo», la «relación de la meteorología con el turismo», con «la higiene», con el «folklore» y hasta con el «refranero» y, desde luego, sobre el «clima balear» en general, y el «clima ideal» de Mallorca.

Bueno es que digamos ahora que, en el ámbito de la literatura científica española se reconoce que en todos sus escritos, a la claridad meridiana de los conceptos expuestos va unido un estilo literario perfecto para desvelar maravillosamente la dificultad de la materia tratada. Una serie de sus trabajos le había valido ya el premio Ciudad de Palma, en 1957, y un reconocimiento general de su importancia como científico y escritor.

Mallorca. Meteorología: Estudios sobre fenómenos particulares. Colaboración en revistas y periódicos

En otra vertiente, dentro de la época mallorquina, podemos considerar los estudios de Jansà en los que precisa conceptos físicos, generalmente en relación con la meteorología, unos desde un elevado punto de vista científico, otros más bien en un género de divulgación sin muchas concesiones. Publicados todos en revistas del nivel adecuado. Comentemos algunos y enumeremos los más.

En «La Climatología ¿estadística o física?» (R. de G. n° 13, 1945) parte de que la Climatología clásica se ocupa de la marcha de la componente «normal» de los elementos climatológicos. La ley según la cual se suceden en el transcurso de un año los valores normales de un elemento expresa su régimen, y el clima de un lugar se caracteriza por el régimen de cada uno de los elementos. Pero estos elementos no son independientes entre sí, sino que está relacionados por leyes físicas en muchos casos conocidas. Resulta pues una radical diferencia entre las estadísticas climatológica y la económica, o la demográfica. En Meteorología existe siempre una dependencia funcional término a término entre dos series estadísticas. Surge un problema, que puede exponerse, en términos generales, así: si se escoge un grupo de elementos meteorológicos como variables independientes, ¿cuál de los dos valores de los demás elementos es más significativo, el que se puede calcular tomando por base las medias aritméticas de los primeros y aplicando las leyes de la Física o bien el que resulta de hallar sencillamente la media aritmética de los datos observados? ¿La Climatología es Física o Estadística? La diferencia entre los resultados es siempre pequeña, pero aunque admisible cualitativamente el procedimiento, cuantitativamente no puede serlo. Por ejemplo, ¿son los vientos dominantes la consecuencia física de las presiones dominantes? No, desde luego. Jansà analiza los dos procedimientos y llega a conclusiones prácticas de interés.

La definición de la «visibilidad» en Meteorología adolece de múltiples imprecisiones. La importancia práctica de esa variable, por ejemplo en Aeronáutica, induce a Jansà en «El problema de la visibilidad» (S.M.N., Serie A, n° 5, 1946) a efectuar un exhaustivo estudio del problema y, apoyándose en Koschmieder, aclara la definición y la teoría de la visibilidad y se extiende a los conceptos de visibilidad vertical y oblicua, la del color, la nocturna y, para la fecha en que fue escrito el artículo, expone fundamentos teóricos para la medida correcta de la variable. Incluso establece precisiones para luchar contra la falta de visibilidad, en la niebla de los aeródromos, y para la reducción de la visibilidad de determinados objetos, como sucede en los casos de enmascaramiento.

En los artículos «Cuestiones de perspectiva atmosférica» (R. de G. n° 23, 1947) y «Corrigiendo la teoría del espejismo» (R. de G. n° 27, 1948) insiste Jansà en la precisión de determinados conceptos. Por ejemplo, en el primero explica como a pesar de considerarse una ilusión óptica lo que entendemos por «bóveda celeste», en meteorología no podemos sustraernos al hecho de su implicación en fenómenos ópticos tan importantes como la percepción del relieve en el seno del aire, el supuesto aplastamiento de la bóveda en el cenit, la deformación por perspectiva esférica de las formas proyectadas sobre ella, por ejemplo las nubes, la trayectoria de los aviones que se presentan a nuestra vista como curvas cóncavas hacia el centro de la tierra, la formación del anthelio o imagen del sol en un punto diametralmente opuesto de donde está, en relación con la bóveda, o «cielo», y otros que afectan a la práctica de la observación meteorológica y aeronáutica, desde el suelo o desde un punto en movimiento, como puede ser una aeronave. En el segundo artículo, pone en evidencia como no es legítimo, en física matemática, considerar el espejismo como un caso de reflexión total de un rayo luminoso en su desplazamiento en el seno de una atmósfera con estratificación inversa, con gradiente de densidad negativo.

Como se sabe, en meteorología representamos el movimiento del aire, en obediencia a las leyes de la Dinámica, sobre una tierra «esférica» mediante mapas o cartas planas usando distintos sistemas de representación. Pero las trayectorias reales de los puntos de la atmósfera al ser imaginados sobre esas cartas planas ya no cumplirán aquéllas leyes, habrán sufrido una deformación, que Jansà precisa magistralmente en su memoria «La Dinámica aparente de la Meteorología Sinóptica» (S M N Serie A, n° 19, 1948). Viene a resultar la cuestión importante de que la «fuerza ficticia engendrada por el artificio de la representación», expresada en la Dinámica aparente por un término inercial, «es del mismo orden de magnitud que las fuerzas reales». Sin embargo, en la práctica sinóptica, los meteorólogos no lo tienen en cuenta. Jansà nos lo precisa porque dice «que el motivo es que miramos la imagen, pero pensamos en el objeto; vemos una curva en la carta y decimos que es una recta aplicamos inconscientemente a la carta un sistema de geometría para el cual el término inercial se anula. En vez de decir que un centro ciclónico se desplaza a 60 km. por hora, realmente decimos que dicho centro sobre nuestra carta se desplaza con una velocidad de 6 mm. hora», de acuerdo con la escala utilizada y prescindiendo de la deformación. Como se ve, Jansà, al tiempo que aplica el rigor a la explicación del fenómeno justifica o aclara la cuestión en la práctica de la profesión meteorológica.

Dentro de esta misma idea, podría citarse la exposición de Jansà sobre los fundamentos del método sinóptico basado en el uso de la coordenada tiempo, junto con las de espacio, en la aplicación a un diagrama mixto espacio-temporal, en «Primeros resultados obtenidos con el Diagrama sinóptico mixto»(R. de G. n° 45, 1953). De este diagrama había dado anteriormente una referencia, «El sondeo horizontal y el Diagrama sinóptico temporal», en la misma revista, y luego insistió con «Los diagramas mixtos en Meteorología» (R. de G. n° 66, 1958).

El método fue ensayado en la oficina meteorológica del aeropuerto de Son Bonet, con resultado convincente, a mi modo de ver, en la predicción a corto plazo, y era una herramienta eficaz para situar en la carta sinóptica los centros de presión y las líneas frontales y extrapolar fácilmente sus futuras posiciones y, por tanto, de gran aplicación en la predicción aeronáutica al uso, de modo que el método llegó a ser utilizado durante bastante tiempo en dicha oficina. Tan solo la propia evolución de los métodos generales de predicción adoptados en el S M N pudo arrinconar un procedimiento útil el cual, ciertamente, ha sido actualizado al usarse métodos análogos ahora posibles por los avances de la informática aplicada a la Meteorología sinóptica.

Otras muchas precisiones de conceptos, relacionados con la atmósfera, fueron dadas por Jansà. Los problemas del desplazamiento de cuerpos rígidos y de esferas infinitamente dilatables en el seno del aire, como el caso de una pompa de aire caldeado, están muy bien explicados en el artículo «El campo arquimediano de la atmósfera» (R. de G. n° 48, 1953). La función térmica de la atmósfera consistente en asegurar la disipación de todo el calor solar absorbido por el suelo, tan relacionada con la corriente general atmosférica y sus consecuencias en la evolución del tiempo, es tratado en «El muro atmosférico» (R. de G. n° 53, 1955), calculando la conductibilidad específica extraordinariamente elevada de una cáscara conductora envolvente de la tierra que cumpliera aquella función.

Aunque los meteorólogos habían especulado ya sobre la posible y necesaria concentración de corrientes aéreas a latitudes medias, de componente oeste, notablemente intensas, y la generalización de los sondeos aerológicos había ido comprobando la realidad de este fenómeno, fue el «descubrimiento» de la «corriente a chorro», «jet stream», que constató la existencia de dichas corrientes como un elemento permanente de la dinámica atmosférica. Naturalmente, no dejó Jansà de estudiar, precisar y difundir, por su importancia meteorológica, teórica y práctica, este fenómeno: primero en el artículo «La ecuación del viento térmico y la corriente a chorro» (R. de G. n° 50, 1956) y después en «La corriente a chorro mediterránea» (Saitabi, Universidad de Valencia, 1963), que relaciona con las situaciones meteorológicas en nuestro mar.

Otros artículos pueden citarse dentro de esta misma línea de pensamiento. En «La Climatología como ciencia geográfica» (R. de G. n° 1954) admite la separación de la ciencia meteorológica en dos grandes ramas, relativamente independientes, la Meteorología propiamente dicha, más Física que Geografía, y la Climatología, más Geografía que Física, una vez que se ha admitido también que los elementos climatológicos, por ser «permanentes e invariables» son susceptibles de localización geográfica. El problema concreto de la estimación de la extensión real de un meteoro y su duración efectiva, cuando se cuenta solamente con las observaciones de la red sinóptica, en puntos fijos y a horas fijas, constituyendo una red por la que pueden «escapar» a nuestra contemplación un buen número de meteoros que pueden ser de extensión no grande, pero de efectos destructores importantes, y por tanto de difícil predicción, fue tratado por Jansà en el n° 79, de la Revista de Geofísica, en 1961.

Por aquellos años sesenta, el problema, social y económico, creciente, de la energía estaba a la orden del día. El elemento meteorológico «viento» como portador de energía, la «Energía Eólica», (R. de G. n° 82, 1962), necesitaba ser «explicado», expuesto a la consideración de todos; Jansà, con sus precisiones y consejos, basados en la observación y el cálculo, facilitaba las premisas fundamentales para una orientación adecuada del aprovechamiento de esa energía renovable. Asimismo, las preocupaciones en las épocas de sequía, más o menos pertinaz, derivaban hacia el problema de la «lluvia artificial». «Algunas precisiones sobre la teoría de la precipitación», (Las Ciencias, Madrid, 1957) fue un artículo tendente a poner en claro el mecanismo de la lluvia; o como dice Jansà en él, a la revelación de los varios procesos microfísicos, más o menos independientes y no exclusivos, capaces de conducir a la lluvia, de gran importancia en programas de «incremento de la precipitación», o técnicas para la «lluvia artificial».

Como hemos podido ver, muchos de sus artículos científicos fueron colaboraciones en la prestigiosa «Revista de Geofísica» y en las profesionales publicaciones oficiales del Servicio Meteorológico Nacional. Entró a formar parte del Instituto Nacional de Geofísica, Sección de Meteorología, siendo uno de sus miembros más activos. Colaboró en otras revistas importantes; en la revista científica «Iberia», desde los años 1945 al 1951, con

artículos diversos sobre conceptos físicos, en una sección que él llamaba «miscelánea» con lo cual mantuvo frecuentes contactos y buena amistad con científicos peninsulares de su ámbito, como los jesuitas de los prestigiosos Observatorios del Ebro y La Cartuja, padres Romañá y Due Rojo; en la revista *Las Ciencias*, de Madrid, publicó varios trabajos, además del citado solicitaron su colaboración otras tales como *Gaceta Matemática*, *Ejército*, *Estudios Geográficos* solicitado por el geógrafo Dr. López Gómez, en *Tempero*, de Zaragoza, en el *Boletín de la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca*, en donde a petición de su director, Dr. Bartomeu Barceló, dio a conocer su versión del Clima de esta ciudad. Todo ello, en el intervalo de 1945 a 1970.

Pero es que en estos mismos años hay que mencionar los veinticinco artículos que le publicó la *Revista de Aeronáutica*, después llamada de *Aeronáutica y Astronáutica*, en donde trató de temas variados, sobre todo los relacionados con la aviación, y consiguió nada menos que diez de los premios que anualmente concedía la dirección de la revista. Por si fuera poco, hay que considerar, también, la colaboración en los periódicos: desde agosto de 1943 a abril de 1952 insertó doce trabajos en el diario «Menorca», de temas varios de divulgación científica, primero con su firma y a partir de 1948 con el seudónimo ALCOR que ya había usado en su etapa menorquina. Por los años 1958 a 1962, tenía una colaboración semanal en el diario *Baleares*, titulada «El tiempo en Baleares», en la que glosaba las situaciones sinópticas acaecidas y, casi siempre, las acompañaba y ampliaba con la descripción en lenguaje común, pero siempre sin mengua de precisión, de los más importantes fenómenos y conceptos de interés general. Firmaba con el seudónimo ALCOR.

Todo ello no le impedía, de cuando en cuando, escribir y teorizar sobre otras cuestiones no tan relacionadas con la meteorología: en 1949, acudió con un trabajo, que fue premiado, a un certamen literario en Vic con motivo del Centenario del filósofo reusense Balmes; el 24 de febrero de 1964, el Centro de Orientación Didáctico le premió su trabajo, «Física de la Bicicleta», que fue publicado.

No puede negarse la proliferación literario-científica de Josep M. Jansà simplemente con lo ya expuesto pero es que hay más. Por aquellos años posteriores a las guerras civil y mundial, no le era fácil a un autor español, y escribiendo en español, darse a conocer en el extranjero. Durante muchos años, el intercambio de revistas y publicaciones no fue muy fluido. Por ello, y es una lástima, la obra que hasta ahora hemos citado de Jansà no era muy conocida más allá de las fronteras. Jansà, curiosamente, nunca salió de España, ni profesional ni privadamente. De todos modos, se relacionó con algún científico extranjero, como el Dr. Graff. Al respecto, estamos ahora en condiciones de mencionar una anécdota significativa de aquellos tiempos. Sería por los años cuarenta, o los primeros de la década de los cincuenta, que llegó una carta, dirigida a nombre del Dr. Josep M. Jansà al Centro de Baleares, procedente de la Academia de Ciencias Soviética, desde Moscú, en solicitud de datos climatológicos y, según creo, intercambio de boletines, revistas y trabajos meteorológicos. No existiendo relaciones diplomáticas entonces entre España y la URSS, ni comunicación postal regular, la carta produjo, mirado con la óptica del momento, una regular perturbación, tanto por la procedencia, como por el hecho de haber conseguido pasar por no sé qué filtros. Después de un pequeño conciliábulo entre varios, Jansà decidió consultar a la Jefatura de la Zona cual debía ser la actitud a adoptar, y puso la carta a disposición de dicha autoridad. Ignoramos si hubo consultas superiores pero la decisión consistió en que al ser ésta una cuestión «diplomática», la carta tenía que ser enviada al Ministerio de Asuntos Exteriores, para su particular estudio. Lo cual hizo la propia autoridad citada. De la carta y su contenido, nunca más se supo. Con lo cual se frustró lo

que hubiera podido ser una importante vía de comunicación científica y, para Jansà, una apertura del conocimiento de sus trabajos a otros ámbitos no nacionales.

Mallorca. Meteorología: estudios teóricos, tesis doctoral y oposición a cátedra

Una tercera vertiente en la obra de J. M. Jansà, dentro de la época mallorquina, cabría denominarla académico-teórica. Académica, porque durante ella tuvo que compaginar la dirección del Centro y su dedicación científica, a la que de ningún modo hubiera renunciado, con la enseñanza secundaria de física y matemáticas en el Instituto Joan Alcover desde 1955, inevitable, entonces, por razones económicas. Porque preparó y se examinó de las asignaturas del doctorado, preparó su tesis doctoral y adquirió el título correspondiente y porque realizó su preparación para optar a la cátedra de Física del Aire de la Universidad de Barcelona y se presentó a las pruebas pertinentes. Teórica, porque durante la misma época fue cuando escribió sus trabajos más importantes, de más dedicación científica que vio publicados en once libros.

Puesto que ambas subvertientes están íntimamente enlazados, en el tiempo, en la materia tratada y en el esfuerzo realizado, examinemos en primer lugar su bibliografía. En 1944, la Diputación Provincial de Palma de Mallorca le publica el *Manual del Informador de Meteorología*, el cual rehecho en 1956 lo editó en Madrid el S.M.N. con el título *Manual del Observador de Meteorología*, el cual a su vez fue readaptado en 1968 y reeditado ya muy recientemente. Sin lugar a dudas, éste ha sido un libro, en cualquiera de sus versiones según las épocas, que ha constituido el libro de consulta imprescindible de todos cuantos han sido y son profesionales de la meteorología, a cualquier nivel, en España y en muchos países de habla hispánica. En el año 1950, el Instituto de Geofísica, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, le publica *El método de amortiguación aplicado a la Meteorología*, del cual habremos de tratar en seguida. El mismo año, la Editorial revista Ibérica saca *¿En qué se parece la Atmósfera...?*, curioso librito en el que Jansà analiza diversos aspectos de la atmósfera, de los fenómenos que en ella acaecen, y los compara con otros propios de otros campos de actividades, con lo que logra acercar la Meteorología al gran público e incluso a personas de relieve ajenas a dicha ciencia. En los tres años 1959, 1960 y 1961 el S.M.N. publica los cuatro tomos de la obra magna de D. Josep M. Jansà, Meteorólogo y Doctor en Ciencias Físicas, su *Meteorología Teórica*. Sus títulos son: «Termodinámica de la Atmósfera», «Estática y Cinemática», «Dinámica» y «Física del Aire». Es un tratado casi exhaustivo de todo cuanto en el plano teórico debe conocer quién tenga que dedicar su atención, profesionalmente o no, a la meteorología. No es extraño, pues, que la *Meteorología Teórica* de Jansà, el «Jansà» por antonomasia, haya servido y sirve todavía de texto a numerosos meteorólogos de habla española. Es una obra con una tremenda densidad de desarrollos matemáticos, que recorre todos los aspectos de la física atmosférica sin necesidad de recurrir a la bibliografía, reelaborada de memoria. Es una obra de artesanía. Recordemos que cuando fue escrita no podía contarse con procedimientos auxiliares; fue hecha a mano. salvo el paso al mecanografiado del original, en el cual recibió la ayuda necesaria.

En el prólogo del primer tomo, del propio Jansà, se nos advierte modestamente que el propósito «es llenar, en cierto modo, la laguna existente en castellano de una obra de conjunto sobre la Meteorología... No pretendemos hacer una enciclopedia, sino más bien una guía para principiante, algo así como un curso de iniciación. Las ideas básicas están

aquí, o, por lo menos, éste ha sido nuestro propósito. Hay de todo un poco, con tal que este poco sea fundamental». Pero hace Jansà una advertencia: «En el fondo de esta Meteorología teórica hay una tesis, que en ningún momento queremos perder de vista, y es ésta: la Meteorología es Física y nada más que Física». Pensamos que la tesis citada está presente en todos los trabajos escritos por J. M. Jansà, Doctor en Ciencias Físicas, tanto antes como después de la consecución de este Título Académico.

Sobre Climatología escribió Jansà dos libros: *Nociones de Climatología General y de Menorca*, que se publicó en Maó en 1961, como ya hemos señalado, y el *Curso de Climatología*, en 1969, por el S.M.N. Este fue su último libro, que salió a luz cuando él ya estaba en Madrid. La obra, que llenaba también un vacío de la bibliografía meteorológica española, esta escrita en la misma línea adoptada en su *Meteorología Teórica*, a la cual completa dándole un significado de aplicación. En una primera parte trata de los métodos de trabajo propios de la climatología, principalmente métodos estadísticos, abordados desde su base; presenta después los conceptos fundamentales de Climatología General, precisando y delimitando la parte que puede tener de ciencia geográfica; por último, atiende al problema de clasificación de los climas. Añade unos capítulos interesantes: microclimatología, climas de la atmósfera libre, climatología marítima y termina con un repaso a la investigación sobre las variaciones del clima. En este tema, tan de actualidad, y que Jansà trató 25 o 30 años atrás, examina las hipótesis posibles sobre un cambio climático pero hace mención particular de la del contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera, y su incidencia sobre el efecto invernadero, sin excluir como una causa del incremento de ese contenido a los incendios forestales y a las consecuencias físicas que de ellos se derivan. En las fechas en que se gestó la obra, no eran conocidas las disminuciones localizadas de la concentración del ozono estratosférico, ni se hablaba, por tanto, de causas antropogénicas y de su repercusión en variaciones climáticas. Para Jansà, «la evolución comprobada del clima no ha sido nunca uniforme ni homogénea... No se reduce a un tipo climático común, sino a un mosaico de tipos climáticos (como ocurre en la actualidad) y los cambios climáticos se reducen en realidad a una reordenación de dicho mosaico». Es decir: Jansà se situaría hoy en día entre el grupo de climatólogos de evolución moderada, normal, lejos de catastrofismos basados en interpretaciones de modelos climáticos quizás no bien ajustados.

Reanuda sus estudios académicos, tan largamente aplazados, en el curso 1945-46 cuando, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid se examina de asignaturas para el doctorado, en enseñanza no oficial. Logra las calificaciones de Sobresaliente en Astronomía Física y las de Sobresaliente con Matrícula de Honor en las de Meteorología y de Física Matemática.

Para su tesis doctoral eligió el tema «El método de amortiguación aplicado a la Meteorología», publicado después como libro, según hemos dicho, tema que con tener una proyección práctica en la previsión del tiempo tenía, como tesis y por ser normal en la obra de Jansà, un perfecto planteamiento físico-matemático. Su entrañable compañero y viejo amigo, el Profesor Dr. Francisco Morán Samaniego, eminente meteorólogo, Jefe de la Sección de Investigación del S.M.N. y catedrático de Física del Aire de la Universidad de Madrid, dirigió la tesis. El Dr. Morán tenía justa fama de ser muy riguroso y exigente con las tesis de sus doctorandos. Su amistad con Jansà no fue causa excluyente de estas condiciones. En junio de 1947 se celebraron los ejercicios para el Grado de Doctor en Ciencias Físicas, que obtuvo con la calificación de aprobado. Años después volvió Jansà al mismo tema, en «Algunos perfeccionamientos en Meteorología Amortiguada» (Las Ciencias, Madrid, 1958) y más tarde aún en «Meteorología Amortiguada y Previsión



1980: Jaume Miró-Granada Gelabert abraza a Josep M. Jansà el día de la entrega de su nombramiento de Miembro de Honor de la Asociación Meteorológica Española.



1987: El Sr. Tirso Pons, Presidente del Consell Insular de Menorca entrega a Josep M. Jansà el nombramiento de Miembro de Honor del Institut Menorquí d'Estudis.

Numérica» (R. de G., nº 87, 1963), en la que aplica a la fundamental ecuación de Rossby los métodos de la amortiguación en la construcción de mapas sinópticos, por procesos gráficos, con grandes ventajas para la predicción del tiempo a plazos corto y medio. Todo el ímprobo trabajo para el cálculo de coeficientes y demás valores para la aplicación de las ecuaciones a la rutina de la predicción fue hecho a mano, con los métodos de que disponía — tabla de logaritmos, etc.— tan penosos y tan distintos de los informáticos de que pudo disponerse poco después y que permitieron introducir la amortiguación en la predicción numérica.

De ningún modo puede hablarse de fracaso el hecho de que no consiguiera la Cátedra de Física del Aire de la Universidad de Barcelona, a la que optó en las oposiciones celebradas en Madrid en el año 1953, bajo la presidencia de D. Julio Palacios, y en las cuales Josep M. Jansà obtuvo dos votos del tribunal examinador. A pesar del trabajo agotador, profesional, académico y de investigación que pesaba sobre él, en aquellas fechas, su preparación para su opción a cátedra era óptima con seguridad y su «currículum» inmejorable. En 1953 había publicado, según hemos visto, magistralmente, casi todo sobre física de la atmósfera; prácticamente tenía escrita casi toda su «Meteorología Teórica», con un programa que previamente había establecido, extenso y muy completo. En la oposición tuvo que luchar, esto sí, con un contrincante joven y preparadísimo: el meteorólogo y Doctor en Físicas Sr. Aspíroz, fallecido, por cierto, pocos años después en plena juventud. El Dr. Jansà cumplía en aquel entonces cincuenta y dos años. A su regreso a Palma, días después de realizadas las oposiciones, me confesó que, en algunos momentos durante su exposición oral, habíale fallado la memoria. Y me dijo: a partir de los cuarenta, no hay que realizar exámenes orales, pues todos estamos expuestos a esos fallos.

Madrid. Cargos, Servicio Meteorológico. Universidad y jubilación

Pero el tiempo pasa y los escalafones se mueven y, aunque no sea más que por motivo de jubilación, los funcionarios de plantilla van colocándose en los primeros puestos. Por Orden Ministerial del 8 de Julio de 1966 se asciende a D. Josep M. Jansà Guardiola, dentro de la Administración Civil del Estado a la categoría de Inspector del S M N, con residencia en Madrid, y se le nombra Subjefe de la Oficina Central y Jefe de la Sección de Climatología. Cesa, por tanto, Jansà en la Jefatura del Centro Meteorológico de Baleares, termina su etapa mallorquina que ha durado 25 años y tiene que trasladarse a Madrid, con su esposa D^a Emilia y sus cuatro hijos que están ya en su edad universitaria. El traslado se demora unos meses por diversos motivos, pero al fin, tras unos actos de adhesión a su persona y de homenaje a su personalidad, hemos de despedirnos de él, todos los que durante más o menos tiempo hemos trabajado a sus órdenes, con sincero sentimiento. Tanto Eduardo Jaume como yo mismo, que de forma sucesiva le reemplazamos en la dirección del Centro, pudimos darnos perfecta cuenta que mantener el prestigio alcanzado por éste tenía que ser una misión prácticamente imposible, en particular a niveles científico y de organización. Sin embargo, a nivel operativo, se pudo mantener el buen funcionamiento del Centro, que era una característica de amplio reconocimiento, por el camino de seguir las directrices que durante años había dictado Jansà, a las que todo el personal estábamos habituados, y dentro de las cuales tuvo este mismo personal la profesionalidad de mantenerse en su trabajo, con comprensión de las pequeñas variaciones que las circunstancias podía imponer, y teniendo la gentileza de

facilitar en grado sumo la tarea de quienes tuvimos la responsabilidad de asumir la tarea que tan felizmente había llevado a cabo D. Josep Maria.

En la Oficina Central, y en todo el Servicio Meteorológico desde luego, era conocido el prestigio de Jansà, y aunque no conocemos los detalles de su actuación en relación con su nuevo ambiente profesional, no sabemos que tuviera dificultades en este sentido. Fue muy apreciado y de forma amable y simpática se han contado algunas anécdotas sobre el modo de comprensión por sus nuevos compañeros, al principio de su conocimiento con él, de su forma de pronunciar en castellano algunas sílabas, debido a conservar un cierto deje balear, menorquín, y a la leve dificultad de dicción que ya mencionamos tenía para algunos sonidos. Para el curso 1967-68, y siguientes, se le nombró Encargado de la cátedra de Climatología de la Universidad Complutense de Madrid que estaba encuadrada en la especialidad de Física de la Tierra y del Cosmos, cuya rama meteorológica dirigía por entonces el Profesor Morán. Su «Curso de Climatología», reeditado hace poco en virtud de su amplia difusión, fue un texto adecuado. Llegado al número uno del escalafón del Cuerpo de Meteorólogos, el 21 de abril de 1970 es nombrado Jefe de la Oficina Central, el cargo más alto alcanzable entonces por un meteorólogo. Poco más de un año ejercería este cargo, puesto que cumplidos setenta años, el día 18 de julio de 1971 se le concede la jubilación. Y la familia Jansà preparará el retorno a Menorca, a su isla.

Menorca. Vida de jubilado y honores

Jansà se instala nuevamente en Maó, en un piso cercano a la plaza de la Explanada en la que estuvo situado el Observatorio que él mismo creó en su anterior etapa menorquina. Al principio, como la mayoría de jubilados, no se resigna a permanecer alejado de temas relacionados con las ciencias físicas y acepta la propuesta de una editorial de Bilbao para la traducción y revisión de importantes obras extranjeras técnicas o científicas, lo que le tendrá ocupada su atención por espacio de varios meses. Pero su estado de salud le va a impedir continuar dedicándose a la ciencia. Desmejora lenta pero ostensiblemente. En este largo ocaso, Emilia refuerza más, si cabe aun más, desde su casamiento, su dedicación y su total apoyo a Josep Maria. Siempre con la sonrisa en la cara y animándole siempre con la agradable y cantarina voz característica de ella, de Emilia.

Entre sus amigos, y en medios científicos y culturales, le tuvimos muy presente. No podía ser de otra manera; su obra, como hemos visto, era tan extensa, que en la solución de problemas de orden profesional, en la interpretación de conceptos de índole variada en el campo de la ciencia, la referencia a Jansà era obligada. ¿Cómo se ha expresado Jansà en tal o cuál asunto?. Como cita curiosa, casi de actualidad: tengo ante mi vista un recorte de periódico. Es del periódico *Menorca*; inserta una colaboración especial, firmada por ALCOR y fechada en San Luis Agosto 1951. Se titula «Un remolino» y describe «un meteoro de cierta violencia,... que ocasionó el derrumbamiento de los últimos molinos de viento que quedaban en Maó y San Luis y tronchó y descuajó buen número de árboles...». Unas pocas semanas hace, la prensa de Mallorca ha dado la noticia de un meteoro violentísimo acaecido en la isla, de efectos parecidos al citado y explicado por Jansà. Aquí se ha hablado de vórtices, huracanes, «caps de fibló», etc., correctamente. Se han usado en su descripción «imágenes satelitarias», «de radar meteorológico», de «sistemas convectivos mesoescalares», muy correctamente también, meteorológicamente hablando. Pero Jansà, utilizando los escasos medios sinópticos propios de aquellos días, proporcionó

una descripción y una explicación inmejorables del meteoro, de «su remolino» de las causas físicas de su génesis y de su desarrollo, de su energía y de sus efectos violentos, aplicables con pocos ajustes al fenómeno que asoló recientemente una parte de nuestras tierras de «llevant».

No se le olvidaba. En 1980, la Asociación Meteorológica Española (A M E) celebró sus XI Jornadas en Menorca y Mallorca. A mí me cupo la satisfacción, como Presidente de la AME en aquella ocasión, de entregar emocionadamente a D. Josep M. Jansà una placa con el nombramiento de Socio de Honor de dicha Asociación. En 1978, el Presidente del Consell Insular de Menorca y del Institut d'Estudis, Sr. Tirso Pons, le hizo entrega de un pergamino como Miembro de Honor de esta última entidad.

Josep M. Jansà: el hombre. Fallecimiento

Ya he citado al principio, que estuve 25 años con Jansà, profesionalmente hablando, en su época mallorquina. Mis primeros años, cinco o seis, en las propias oficinas del Centro, en la Jefatura de Aviación. Los otros, trabajando en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto, en Son Bonet y después en Son Sant Joan. Es decir, no en contacto inmediato; pero mis visitas a su despacho eran bastante frecuentes: por motivos profesionales pero también por motivos de amistad y, también, por otros que podríamos llamar didácticos, por mi afán de aprender meteorología. Está claro que no podía tener mejor maestro, que colmara las deficiencias de mi preparación en la materia y en muchas otras del campo científico y cultural. En mi deseo de dar explicación a fenómenos que contemplaba o intuía y de los cuales no tenía clara comprensión, le preguntaba directamente a Jansà sobre mis dudas. Sus explicaciones eran siempre convincentes, pero a menudo se suscitaba cierta controversia que a veces condujo a Jansà a escribir alguno de sus magistrales artículos. Cierta vez le expresé, ingenuamente, mi queja por haber basado él, en nuestra conversación y mi pregunta, la elaboración y publicación del asunto debatido. Su contestación fue rápida y contundente: ¿por qué no lo ha escrito usted?. Fue una lección para mí magnífica, nunca olvidada y siempre agradecida.

En el transcurso de estas páginas, seguramente deslavazadas, he contado reacciones personales de Jansà en relación con asuntos acaecidos durante la dirección del Centro. No sé si con ello he podido mostrar la faceta humana de Jansà de forma acertada. Muchos sucedidos, muchas anécdotas podríamos contar al respecto los que tuvimos la suerte de trabajar con él. Jansà poseía un gran sentido del humor. No es raro que a veces, cuando ahora nos reunimos los que fuimos amigos suyos, sonriamos y hasta nos riamos francamente al recordar algunos de los múltiples chistes con que casi siempre amenizaba su conversación. Chistes que nunca, nunca, rozaban la inconveniencia. Eran de buena clase. De los que el mismo se reía cuando opinaba que podían afectarle propiamente. Por ejemplo, ya en su edad avanzada, con ocasión del nombramiento de Socio de Honor de la A. M. E., que he citado, en Maó. En la entrega, debió ser dicho, por alguien. «...como reconocimiento a su alta personalidad...». Su respuesta fue por este estilo: «ya sé que no soy de gran estatura, pero considerada con relación al nivel del mar esto carece de importancia». Y añadió: «además, cuando estoy sentado no se nota», y se puso a reír a carcajadas. Esto, además de ser una prueba de que conservaba, entonces, su viveza habitual mostraba además la inteligencia de su ser.

Todos los años, por San Josep, solíamos acudir a su domicilio, en Palma, por la tarde, a felicitarle. Ya conocíamos el mobiliario de la casa, diseñado por el propio Jansà, y quizás

construido en parte por él mismo en magnífica madera noble: era de un estilo cubista puro. Nos obsequiaba Doña Emilia con «pastisssets», al gusto menorquín, hechos mismamente caseros, que estaban riquísimos y que hacían las delicias de D. Josep Maria, el cual, ya lo sabíamos, era goloso, laminero. Se acompañaban con clásicos vinos o licores dulces; pero servidos siempre en copas muy pequeñas. Se podía repetir, desde luego, pero la cantidad a tomar no podía, por ello, ser grande. Laminero sí, pero muy austero para el alcohol, también.

¿Cómo era Jansà, el hombre?. Introduzcamos alguna anécdota más, personal. Estando yo en mi destino, en la Oficina Meteorológica de Son Bonet, recibí el encargo de Jansà de realizar un determinado trabajo, sobre un asunto cuyo tema no recuerdo, quizás algo relacionado con la meteorología de los aeropuertos en general, no específico de Son Bonet, trabajo ordenado posiblemente por la Dirección del S M N. Abrumado como estaba yo, en aquella época, por el trabajo propio de la oficina, puede que fuera en temporada alta de turismo y, por tanto, de tránsito aéreo, y por mis compromisos por clases en colegios y particulares, cosa que teníamos que hacer los funcionarios en tiempos en que había que complementar nuestra escasa paga mensual, con esos u otros menesteres, para poder satisfacer un modesto presupuesto económico, me quejé a él directamente y le insinué que posiblemente alguna otra persona podría cumplimentar mejor su encargo. La respuesta, por teléfono, de Jansà fue la que sigue. «Ya sé que usted está muy ocupado, pero la experiencia me dice que aquellas personas que tienen mucho trabajo son las que son capaces de encontrar el tiempo suficiente para encargarse de trabajar todavía más». No había réplica posible. Creo recordar que, lamentablemente, no debí estar entonces a la altura de las circunstancias, pues me parece que no pude acabar el trabajo que me había encargado en el plazo señalado. Jansà nunca me reconvino por esto. Siempre se lo he agradecido.

Don Josep Maria siempre me trató con el apelativo de usted. Recuerdo que en una ocasión, cuando ya llevaba años con él, le insinué que, por favor, me tuteara. Estuvo conforme, con una condición: que yo le tuteara también. Me negué, no me consideraba capaz de hacerlo. Continuamos con el tratamiento de usted toda la vida.

Un año, poco más o menos, antes de su muerte, algunos realizamos un viaje rápido a Maó, al objeto único de visitarle. Apenas pudo reconocernos, tan sólo cuando, como ráfagas, brillaba en su mirada una chispa de memoria. Pero, enseguida, le preguntaba a Emilia: ¿quiénes son éstos?. Emilia, como siempre a su lado; ahora más que nunca, si es posible este más, su apoyo firme.

Josep M. Jansà era una persona sencilla, en sus costumbres y en su vida, pero dotada de una gran personalidad, nunca impuesta sino reconocida al poco tiempo de tratarlo. Era un creyente fervoroso, mejor dicho, un científico cristiano. Preguntado en alguna ocasión cómo podía compaginarse el ejercicio de la ciencia con la fe religiosa, su respuesta era contundente. «Esto siempre lo he tenido muy claro: en la búsqueda de la verdad de las cosas hay que seguir el rigor científico; en la búsqueda de la Verdad, hay que apoyarse en el Dogma». Pero esta idea ya la había expresado muchos años antes: la había escrito en su artículo «Sobre el materialismo científico», publicado en *El bien público*, diario de Maó, en diciembre de 1929.

Falleció en Julio de 1994, a los 93 años de edad, en la compañía de Emilia y de sus hijos. Ya dijimos entonces: Todos los que han sido sus subordinados le reconocen como maestro, consejero... Todos están de acuerdo en la afirmación de que el eminente científico Josep M. Jansà Guardiola era un «hombre bueno», un «hombre muy bueno».

**Bibliografia de
Josep M. Jansà i
Guardiola**

B. Barceló i Pons
*Institut d'Estudis
Catalans*

Territoris (1998), 1:
47-66

Bibliografia de Josep M. Jansà i Guardiola

B. Barceló i Pons

Institut d'Estudis Catalans

Aquest aplec de l'obra de Josep M. Jansà Guardiola ha estat possible gràcies a la valuosa ajuda del seu fill, Agustí Jansà Clar, i del seu antic col·laborador Jaume Miró-Granada Gelabert. El primer em facilità una llista manuscrita de l'obra, feta pel mateix Josep M. Jansà Guardiola, en què els treballs apareixen reunits per llocs de publicació i per ordre cronològic. De tota manera, aquesta informació ha estat verificada i completada amb les separates i els retalls de diaris que es troben reunits en carpetes a la biblioteca del Centre Meteorològic de les Balears o en mans de la família Jansà; l'autoria de molts dels treballs publicats sense firma al *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares* —i recollits per J. A. Guijarro Pastor al núm. 50 d'aquesta publicació—, ha estat verificada pel testimoni excepcional de Jaume Miró-Granada. Des de l'Institut Menorquí d'Estudis, J. Miquel Vidal Hernández ens ha informat dels manuscrits de Jansà Guardiola dipositats allà, així com d'altres referències a la seva obra publicada en diaris de Menorca. Però, així i tot, ha fet falta repassar col·leccions de revistes (*Revista de Aeronáutica*, *Revista de Geofísica*, etc., de la biblioteca del Centre, la *Revista de Menorca*, etc.) i diaris (per exemple el *Baleares*, a la Biblioteca March) per comprovar i completar tota la informació anterior. A tots, el meu agraïment, a la vegada que deman als qui accedeixin a aquestes pàgines que em facin arribar les esmenes o els comentaris que trobin adients per millorar la informació, que, per descomptat, està a la disposició de tots els interessats (bbarcelo@redestb.es).

Recepció del manuscrit, gener de 1997

ALCOR. *Vid.*: JANSÁ GUARDIOLA, J. M.

- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1924a). «Apostillas a la teoría relativista». *Revista de Menorca* XIX (V època), 7-15. Maó.
- (1924b). «A propósito de Planck». *Revista de Menorca* XIX (V època), 206-212. Maó.
- (1925). «El universo sideral». *Revista de Menorca* XX (V època), 188-195. Maó.
- (1928). «La Tramuntana en Menorca». *Anales de la Sociedad Española de Meteorología* II, 193-194. Madrid.
- (1929a). «La tramuntana». *El Bien Público* LVI, 16745 (6-II-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929b). «Juegos de luz». *El Bien Público* LVI, 16759 (22-II-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929c). «Balance de un invierno». *El Bien Público* LVI, 16773 (11-III-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929d). «Las entrañas de la materia». *El Bien Público* LVI, 16786 (27-III-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929e). «Pronóstico y predicción». *El Bien Público* LVI, 16826 (1-IV-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929f). «La energía en polvo». *El Bien Público* LVI, 16813 (29-IV-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929g). «Meteorología y aviación». *El Bien Público* LVI, 16826 (16-V-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929h). «La derrota de la materia». *El Bien Público* LVI, 16841 (4-VI-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929i). «La alta atmósfera». *El Bien Público* LVI, 16856. Maó. Signat Alcor.
- (1929j). «Rayos y ondas». *El Bien Público* LVI, 16872 (10-VII-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929k). «Historia de un rayo de sol». *El Bien Público* LVI, 16886 (27-VII-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929l). «Falta espíritu matemático». *El Bien Público* LVI, 16905 (21-VIII-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929m). «Sobre el materialismo científico». *El Bien Público* LVI, 17012 (24-XII-1929). Maó. Signat Alcor.
- (1929n). «Bibliografía. La lógica en la matemática, de Francisco Vera. Recensión». *Revista de Menorca* XXIV (V època), 218-220. Maó.
- (1929o). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resúmenes correspondientes a los meses de Septiembre a Diciembre de 1929». *Revista de Menorca* XXIV (V època), 378-381.
- (1929p). «Notas sobre el concepto no termodinámico de temperatura». *Anales de la Sociedad Española de Meteorología* III, 70-79. Madrid.
- (1929-1930). Cicle de cinc conferències fetes a l'Ateneu de Maó, amb el títol De las Abstracciones Matemáticas a las Realidades Físicas. Els títols de les esmentades conferències varen ser: «La génesis de las cosas y los números», «Fantasías hipergeométricas», «Bordeando el absurdo», «El armazón lógico de la realidad física» i «Más allá del absurdo». No s'han trobat els textos però és possible que corresponguin als articles «Apostillas a la teoría relativista» (1924a), «A propósito de Planck» (1924b) i «El Universo Sideral» (1925), publicats a la *Revista de Menorca*. Aquestes conferències varen ser anunciades al *Boletín del Ateneo Científico, Literario y Artístico...*, suplement de la *Revista de Menorca*, 421, any XXI.
- (1930-1932). «Contribución al estudio de la Tramontana». *Revista de Menorca* XXV, XXVI, XXVII (V època), 1930: pàg. 211-214, 268-272, 372-374; 1931: pàg. 155-

- 160, 205-214, 333-345; 1932: pàg. 21-29, 50-62. Maó. Hi ha una recensió d'aquest treball de R., publicada a la *Revista de Menorca XXIX* (V època), 1934, 183-184.
- (1930a). «Cortejo de nubes». *El Bien Público* LVI, 17025 (11-I-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930b). «Juicio del verano». *El Bien Público* LVII, 17238 (1-III-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930c). «La materia única». *El Bien Público* LVI, 17069 (4-III-1930), s. p. Maó. Signat Alcor.
- (1930d). «Un nuevo hermano de la Tierra». *El Bien Público* LVII, 17112 (25-IV-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930e). «El problema del átomo». *El Bien Público* LVII, 17149 (10-VI-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930f). «Calor». *El Bien Público* LVII, 17181 (18-VII-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930g). «Protones y electrones». *El Bien Público* LVII, 17277 (12-XI-1930). Maó. Signat Alcor.
- (1930h). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1930». *Revista de Menorca XXV* (V època), I: 32; II: 64; III: 96; IV: 128; V: 191; VI: 192; VII: 224; VIII: 260; IX: 288; X: 320; XI: 379; XII: 380. Maó.
- (1931a). «Meteorología popular». *El Bien Público* LVII, 17326 (12-I-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931b). «La flecha del tiempo». *El Bien Público* LVIII, 17376 (17-III-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931c). «El mundo invisible». *El Bien Público* LVIII, 17445 (15-VI-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931d). «La estratosfera». *El Bien Público* LVIII, 17509 (18-VIII-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931e). «La luz del cielo nocturno». *El Bien Público* LVIII, 17548 (2-X-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931f). «Las nubes». *El Bien Público* LVIII, 17589 (19-XI-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931g). «El principio de indeterminación». *El Bien Público* LVIII, 17613 (18-XII-1931). Maó. Signat Alcor.
- (1931h). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1931». *Revista de Menorca XXVI* (V època), I: 75; II: 76; III: 108; IV: 172; V: 204; VI: 266; VII: 267; VIII: 268; IX: 332; X: 379; XI: 380; XII: 381. Maó.
- (1932a). «Análisis de algunas sucesiones nubosas observadas en Mahón». *Revista de Menorca XXVII* (V època), 229-259. Maó.
- (1932b). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1932». *Revista de Menorca XXVII* (V època), I: 32; II: 96; III: 158; IV: 159; V: 160; VI: 219; VII: 220; VIII: 283; IX: 284; X: 371; XI: 372; XII: 373. Maó.
- (1933a). *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*. Sèrie A-3, 36. Servicio Meteorológico Español. Madrid.
- (1933b). «Sobre el hexágono de Brianchon». *Gaceta Matemática* II, 2. Madrid.
- (1933c). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1933». *Revista de Menorca XXVIII* (V època), I: 63; II: 64; III: 128; IV: 167; V: 168; VI: 242; VII: 243; VIII: 244; IX: 307; X: 308; XI: 359; XII: 360. Maó.

- (1933d). «Régimen pluviométrico (Maó)». *Revista de Menorca* XXVIII (V època), 129-149. Maó.
- (1933e). «Sobre los haces de círculos». *Revista de Matemática Elemental*, 3, 37-46. N'hi ha una recensió feta per R. a la *Revista de Menorca* XXVIII (V època), 1933, 165-166. Madrid - Buenos Aires.
- (1933f). «Régimen de vientos (Maó)». *Revista de Menorca* XXVIII (V època), 249-306. Maó.
- (1934a). *Notas para una climatología de Menorca. Régimen de vientos*. Sèrie A-4, 58. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1934b). *Régimen de vientos en Mahón*, 58. Maó: Tip. Mahonesa.
- (1934c). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1934». *Revista de Menorca*, XXIX (V època), I: 63; II: 64; III: 126; IV: 127; V: 190; VI: 191; VII: 259; VIII: 260; IX: 322; X: 323; XI: 380; XII: 381. Maó. Aquesta sèrie la continua F. Terrés Pons, a partir de 1943.
- (1941a). «Borrascas tardías». *Menorca* I, 83 (10-V-1941). Maó.
- (1941b). «La lucha de los elementos». *Baleares*, 4-XI-1941. Palma. Sense firmar.
- (1942a). «El sol está manchado». *Menorca* II (5-IV-1942). Maó.
- (1942b). «Diagnóstico y pronóstico». *Baleares*, 3, 24-IV-1942. Palma.
- (1942c). «La carta del tiempo». *Correo de Mallorca*, 6-X-1942. Palma.
- (1942d). «La lucha de los elementos». *Tajo* III, 92 (28-II-1942), 14-15.
- (1943a). «Fundamento del altímetro». *Revista de Aeronáutica* IV (2a. època), 36 (88), 48-49. Ministerio del Aire, Madrid.
- (1943b). «Pequeña crítica del método isobárico». *Revista de Aeronáutica* IV (2a. època), 30 (82), 54-63. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1943c). *Notas para la climatología de Menorca. (Islas Baleares). Vientos en altura*. Sèrie A-12, 50. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1943d). «La máquina atmosférica». *Menorca* III, 599 (9-I-1943). Maó.
- (1943e). «La fuente intermitente». *Menorca* III, 782 (13-VIII-1943). Maó.
- (1943f). «El temporal del 24-25 de Noviembre de 1942 (Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 5, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1943g). «La circulación del aire sobre la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 7, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1943h). «Sobre la Tramontana en Menorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 8, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1943i). «La insolación en Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 9, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1943j). «Las calmas nocturnas». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 10-11, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1943k). «Ponencia sobre Climatología de Baleares». Congreso Sindical Agropecuario. Palma, del 24 al 29 de maig de 1943. Inèdit. N'hi ha una referència extensa, sense firmar, al *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 6 i 10, 1943.
- (1943l). «Refranero meteorológico (Santa Bibiana)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 12, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944-1945). «El clima de Palma. Clima Internacional (1901-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1944: 23 i 24; 1945: 25, 26 i 27, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944a). *Manual del informador de Meteorología*, 283 + 47 fig. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1944b). *Notas para una climatología de Menorca*. Sèrie A, 4. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1944c). «Método gráfico de representación conforme y sus aplicaciones a la aerodinámica». *Revista de Aeronáutica V* (2a. època), 43 (95), 37-43. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1944d). «Campos de ascendencia utilizables para el vuelo a vela. Ascendencia orográfica hidrodinámica». *Revista de Aeronáutica V* (2a. època), 47 (99), 44-54. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1944e). «El problema de la visibilidad». *Revista de Aeronáutica V* (2a. època), 48 (100), 37-46. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1944f). «Refranero meteorológico menorquín». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 14, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944g). «Paso de frentes (Lluc. Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 15, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944h). «La visibilidad de Mallorca desde Barcelona». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 18, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944i). «Chubascos nocturnos». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 19, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944j). «La Luna y el tiempo». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 20, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944k). «Climatología de Manacor». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 21, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944l). «Instrucción para los observadores. Evaporimetría». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 21 i 22, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1945-1947). «Sobre el régimen de vientos en la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1945: 36; 1946: 37, 38 i 39; 1947: 55, 56, 57 i 58, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1945a). «¿Qué sabemos de la bomba atómica?». *Menorca V*, 1403 (11-VIII-1945). Maó. Sense firma.
- (1945b). «Cantidad de nubes». *Revista de Aeronáutica VI* (2a. època), 54 (106), 67-61. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1945c). «Campos de ascendencia utilizables para el vuelo a vela. Ascendencia convectiva simple (Térmica)». *Revista de Aeronáutica VI* (2a. època), 59 (111), 39-44. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1945d). «Geología del aire». *Ibérica*, 43, II època, 2 pàg. Separata. Barcelona.
- (1945e). «El principio de equivalencia». *Ibérica*, 50, II època, 4 pàg. Separata. Barcelona.
- (1945f). «La climatología, ¿Estadística o física?». *Revista de Geofísica IV*, 13, 45-75. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1945g). «El clima de Mahón. Clima internacional (1911-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 28, 29, 30, 31 i 32, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1945h). «Persistente sequía (En Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 33, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1945i). «Climatología de Ibiza. (Periodo 1911-1940)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 34 i 35, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1946-1947). «Previsión del tiempo en el Mediterráneo Occidental». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1946: 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 i 48; 1947: 49, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1946a). *El problema de la visibilidad*. Sèrie B-5, 42. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1946b). «Un frente tormentoso notable. El temporal del 24-25 de Noviembre de 1942 en Baleares». *Revista de Geofísica*, 17, 24-36. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1946c). «El otro principio de equivalencia». *Ibérica*, 66, II època. 2 pàg. Separata. Barcelona.
- (1947a). «La aviación y las lluvias. Lluvia artificial». *Revista de Aeronáutica* VII (2a. època), 84, 73-80. Ministerio del Aire, Madrid.
- (1947b). «Generalización para dos variables de la regla de derivación de las funciones inversas». *Revista de Matemática Elemental* VII. Madrid - Buenos Aires. N'hi ha una separata de 6 pàg.
- (1947c). «Estructura microcrónica». *Ibérica*, 114, II època, 3 pàg. Separata. Barcelona.
- (1947d). «Cuestiones de perspectiva atmosférica». *Revista de Geofísica* VI, 23, 438-449. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1947e). «Lluvias de barro registradas en las Baleares durante la primavera de 1947». *Revista de Geofísica* VII, 26, 182-193. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1947f). «El régimen de brisas en la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares* V, 52-53. Diputación Provincial de Baleares. Palma. És un resum del treball publicat a la *Revista de Geofísica* amb el mateix títol, 1946-1947.
- (1947g). «Lluvia de barro (Mallorca 20-III-47)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 53 i 54, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1947h). *En qué se parece la atmósfera*. Manuals de la revista *Ibérica*, 25, 116 + 12 fig. + 4 làmines. Barcelona. Hi ha una recensió d'aquesta obra al *Boletín Mensual del Centro de Meteorología de Baleares*, 61, 1948, feta pel P. Ignasi Puig S. J.
- (1947i). «Sol y sombra». *Menorca* (VIII-1947). Maó. Signat *Alcor*.
- (1948a). *La dinámica aparente de la meteorología sinóptica*. Sèrie A-19, 26. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1948b). «Lluvias de barro registradas en Baleares durante la primavera de 1947». *Revista de Geofísica*, 26. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1948c). «Corrigiendo la teoría del espejismo». *Revista de Geofísica* VII, 27, 291-300. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1948d). «La ionosfera». *Revista de Aeronáutica* VIII (2a. època), 90, 341-348. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1948e). «Conceptos fundamentales I. La acción en física clásica». *Ibérica*, 138, II època, 4 pàg. Separata. Barcelona.
- (1948f). «Conceptos fundamentales II. La acción en física cuántica». *Ibérica*, 145, II època, 2 pàg. Separata. Barcelona.
- (1948g). «Tendrá la culpa la luna». *Menorca* VIII, 2311 (20-VII-1948). Maó. Signat *Alcor*.
- (1948h). «Sol, viento y calor». *Menorca* VIII, 2346 (31-VIII-1948). Maó. Signat *Alcor*.
- (1949-1950). «El desagüe superficial sobre la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1949: 84; 1950: 85, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1949a). «Chubascos de primavera en las Baleares». *Revista de Geofísica* VIII, 32, 475-485. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1949b). «La futura arma meteorológica». *Revista de Aeronáutica* IX (2a. època), 99 (151), 105-112. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1949c). «Estadística completa del clima de Palma de Mallorca (1900-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81 i 82, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1949d). «El tiempo y el tiempo». *Menorca* IX, 2575 (214-V-1949). Maó. Signat Alcor.
- (1950-1951). «Si no hubiese atmósfera». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1950: 95; 1951: 99, 100 i 101, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1950a). *El método de amortiguación aplicado a la meteorología*, 17, 106 + 3 fig. + 24 mapes + 4 gràfics + 3 taules. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1950b). «El sondeo horizontal y el diagrama sinóptico espacio-temporal». *Revista de Geofísica* IX, 35, 234-247. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1950c). «Empuje y sustentación». *Revista de Aeronáutica* X (2a. època), 113, 272-278. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1950d). «Meteorología y turismo». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 88 i 89, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1950e). «La meteorología y la higiene». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 90, 91, 92, 93 i 94, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951-1952). «Mallorca, clima ideal». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1951: 107 i 108; 1952: 109, 111, 112 i 113, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951a). «Hidrología superficial de la Isla de Mallorca». *Revista de Geofísica* X, 38, 98-117. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1951b). «Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental». *Revista de Geofísica* X, 39, 234-250. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1951c). «Meteorología de la bomba atómica». *Revista de Aeronáutica* XI (2a. època), 112, 25-36. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1951d). «Enlace de la climatología con la meteorología dinámica». *Revista de Aeronáutica* XI (2a. època), 132, 911-916. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1951e). «La meteorología amortiguada». *Ibérica*, 203, II època, 3 pàg. Separata. Barcelona.
- (1951f). «Meteorología y folklore». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 101, 102 i 103, 101-103. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951g). «La temperatura al sol». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 104, 105 i 106, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951h). «Un remolino (Cap de fibló)». *Menorca* XI, 3254 (8-VIII-1951). Maó. Signat Alcor.
- (1952a). «Meteorología supersónica». *Revista de Aeronáutica* XII (2a. època), 141, 652-658. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1952b). «Esquema climatológico del Archipiélago Balear». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 113, 114, 115, 116, 117, 118 i 119, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1952c). «La Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 120, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1952d). «El Jardín de las Hespérides». *Menorca* XII, 3375 (25-IV-1952). Maó. Signat *Alcor*.
- (1953a). «Primeros resultados obtenidos con el diagrama sinóptico mixto». *Revista de Geofísica* XII, 45 i 46, 4-48, 123-139. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid. N'hi ha dues separates de 47 i 19 pàg., respectivament.
- (1953b). «El campo arquimediano de la atmósfera». *Revista de Geofísica*, 48. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid. N'hi ha una separata de 36 pàg.
- (1953c). «A propósito del “Jet stream”». *Revista de Aeronáutica* XIII (2a. època), 148, 190-198. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1953d). «La brisa de nuestra bahía (Palma de Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 123, 124 i 125, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1953e). «Observaciones termoplumiométricas de Muro (1944-1952)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 125, 126, 127, 128 i 129, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1953f). «Meteorología y astronomía». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 130 i 131, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1953g). «La meteorología i la pintura». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 131, 132 i 133, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1953h). «La meteorología en la guerra». *Ejército*. Madrid.
- (1953i). «Hijos del cielo también». *Menorca* XIII, 3745 (8-V-1953). Maó. Signat *Alcor*.
- (1954-1955). «Intensidad de lluvia (en Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1954: 144; 1955: 145, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1954a). «La climatología como ciencia geográfica». *Estudios Geográficos* XV, 57, 569-587. Instituto Elcano, CSIC. Madrid.
- (1954b). «La verdad sobre el clima de Mallorca. Primavera, verano, otoño e invierno». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142 i 143, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1955a). «El “muro atmosférico”». *Revista de Geofísica* XIV, 53, 35-50. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid. N'hi ha una separata de 50 pàg.
- (1955b). «Rutas (Preparación de _____ aéreas)». *Revista de Aeronáutica* XV (2a. època), 175, 453-461. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1955c). «Nuevas técnicas de meteorología». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 148, 149, 150 i 151, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1955d). «Hechos nuevos en meteorología». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 152, 153 i 154, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1955e). «La rafagosidad del viento en Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 155 i 156, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956-1957). «Rasgos esenciales del clima agrícola en Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1956: 166, 167 i 168; 1957: 169, 170, 174, 175 i 176, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956a). *Manual del observador de meteorología*. Sèrie B-12, 400 + 144 fig. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1956b). *Problemas meteorológicos de la región balear*. Palma. Inèdit. Premi Ciutat de Palma Bartomeu Darder, de Ciències Naturals, de 1956, atorgat per l'Ajuntament de Palma el gener de 1957.

- (1956c). «La ecuación del viento térmico y la corriente a chorro». *Revista de Geofísica* XV, 59, 323-344. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1956d). «Consideraciones preliminares de energética atmosférica». *Las Ciencias*. Madrid.
- (1956e). «Nuevas técnicas en meteorología». *Revista de Aeronáutica* XVI (2a. època), 186, 361-369. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1956f). «Las observaciones del Dr. Graff en Mallorca (1931-1932)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 157 i 158, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956g). «El próximo Año Geofísico Internacional». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 162 i 163, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956h). «El rayo verde». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 163, 164 i 165, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1957a). «Algunas precisiones sobre la teoría de la precipitación». *Las Ciencias* XXII, 2, 251-257. Madrid.
- (1957b). «Conceptos estadísticos». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 176 i 177, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1958-1959-1960-1961). «El nuevo “Atlas Internacional de Nubes”». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1958: del 181 al 192; 1959: del 194 (i suplement) al 205; 1960: del 207 al 216; 1961: del 217 al 219, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1958a). *Problemas Meteorológicos de la Región Balear*. Palma: Ajuntament de Palma, 99. Premi Ciutat de Palma.
- (1958b). «Los diagramas mixtos en meteorología». *Revista de Aeronáutica*. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1958c). «Rasgos esenciales del clima agrícola en Baleares». *Boletín Agro-pecuario*, abril-juny. Caja de Pensiones para la Vejez y de Ahorros. Barcelona.
- (1958d). «La previsión numérica». *Revista de Aeronáutica* XVIII (2a. època), 207, 99-107. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1958e). «La circulación planetaria». *Revista de Aeronáutica* XVIII (2a. època), 212, 524-532. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1958f). «Los diagramas mixtos en meteorología». *Revista de Geofísica* XVII, 66, 161-172. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1958g). «Algunos perfeccionamientos en meteorología amortiguada». *Las Ciencias* XXIII, 1, 30-35. Madrid.
- (1959-1960). «¿Qué es clima?». *Tempero*, 1959: gener i febrer; 1960: febrer; 1960: 18-22. Saragossa.
- (1959-1961). «Meteorología teórica», 4 vol. I: *Termodinámica de la atmósfera*, 1959, 272 pàg. + 58 fig.; II: *Estática, cinemática*, 1960, 312 pàg. + 102 fig.; III: *Dinámica*, 1960, 360 pàg. + 67 fig.; IV: *Física del aire*, 1961, 280 pàg. + 74 fig. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid. N’hi ha una edició facsímil feta per l’INM, el 1985, que reuneix els quatre volums en dos toms. Sèrie B-13. Madrid.
- (1959a). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 27-IX-1959. Palma. Sense firma. És la primera col·laboració setmanal que l’autor fa al *Baleares*. Hi ha una nota que diu: «Ofrecemos a nuestros lectores “El Tiempo en Baleares” nuestra sección dominical que resume las variaciones del tiempo en nuestra región, según datos facilitados por el Jefe de los Servicios de Meteorología de la Zona Aérea, D. José

- M. Jansà Guardiola*». Aquesta col·laboració durà fins al 13-V-1962, amb interrupcions els estius de 1960 i 1961. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959b). «El Tiempo en Baleares. Situación del tiempo en Europa Occidental». *Baleares*, 4-X-1959. Palma. Signat *Jorge Andreu Alcover*, que era un periodista del diari. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959c). «El Tiempo en Baleares. Entrando en el mal tiempo». *Baleares*, 11-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*, que era un periodista del diari. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959d). «El Tiempo en Baleares. Impresión general». *Baleares*, 18-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*, que era un periodista del diari. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959e). «El Tiempo en Baleares. En el cielo, de momento, nada impide el buen tiempo». *Baleares*, 25-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*, que era un periodista del diari. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959f). «El Tiempo en Baleares. Del Atlántico nos viene algo muy gordo». *Baleares*, 1-XI-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*, que era un periodista del diari. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959g). «El Tiempo en Baleares. Nubosidad, lluvias y... San Martín». *Baleares*, 8-XI-1959. Palma. Signat *J.* És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959h). «El Tiempo en Baleares. La situación no es satisfactoria». *Baleares*, 15-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959i). «El Tiempo en Baleares. Las borrascas nos despreciaron». *Baleares*, 22-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959j). «El Tiempo en Baleares. Llegó el mal tiempo invernal». *Baleares*, 29-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959k). «El Tiempo en Baleares. Ha pasado un ciclón». *Baleares*, 6-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959l). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 13-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959m). «El Tiempo en Baleares. Estabilidad del tiempo». *Baleares*, 20-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959n). «El Tiempo en Baleares. Posibilidad de que se prorrogue el veranillo». *Baleares*, 27-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
 - (1959o). «La masa de aire mediterránea». *Revista de Geofísica XVIII*, 69, 35-50. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
 - (1959p). «Reportaje imaginario». *Revista de Aeronáutica XIX* (2a. època), 226, 732-740. Ministerio del Aire. Madrid.
 - (1959q). «Información sobre el Centro (Meteorológico de Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 193 i suplement del 194, s. p. Zona Aèrea de Baleares. Palma.

- (1960aa). «El Tiempo en Baleares. El buen tiempo invernal continua». *Baleares*, 3-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ab). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 10-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ac). «El Tiempo en Baleares. Se barrunta una mejoría». *Baleares*, 17-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ad). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 24-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ae). «El Tiempo en Baleares. La defensa elástica». *Baleares*, 31-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960af). «El Tiempo en Baleares. Normalidad». *Baleares*, 7-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ag). «El Tiempo en Baleares. La temperatura se recupera». *Baleares*, 14-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ah). «El Tiempo en Baleares. La bomba atómica del Sahara y sus efectos». *Baleares*, 21-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ai). «El Tiempo en Baleares. Los toros desde la barrera». *Baleares*, 28-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960aj). «El Tiempo en Baleares. Prohibido el paso». *Baleares*, 6-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ak). «El Tiempo en Baleares. Estaba escrito». *Baleares*, 13-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960al). «El Tiempo en Baleares. Marzo ventoso». *Baleares*, 20-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960am). «El Tiempo en Baleares. La ley de las compensaciones». *Baleares*, 27-III-60. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960an). «El Tiempo en Baleares. Chubascos primaverales». *Baleares*, 3-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ao). «El Tiempo en Baleares. Sol de Mallorca». *Baleares*, 10-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ap). «El Tiempo en Baleares. Fue una turbonada». *Baleares*, 17-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960aq). «El Tiempo en Baleares. El soplo del Cierzo». *Baleares*, 24-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ar). «El Tiempo en Baleares. Final de Abril». *Baleares*, 1-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960as). «El Tiempo en Baleares. Aire acondicionado». *Baleares*, 8-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960at). «El Tiempo en Baleares. Borrascas "gastadas"». *Baleares*, 15-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960au). «El Tiempo en Baleares. Retroceso». *Baleares*, 22-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1960av). «El Tiempo en Baleares. Persistencia». *Baleares*, 29-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ax). «El Tiempo en Baleares. Lluvia invertida». *Baleares*, 5-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ay). «El Tiempo en Baleares. Vinieron las lluvias». *Baleares*, 12-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960az). «El Tiempo en Baleares. Régimen de brisas». *Baleares*, 19-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ba). «El Tiempo en Baleares. Solsticio». *Baleares*, 26-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bb). «El Tiempo en Baleares. El temporal de San Pedro». *Baleares*, 3-VII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bc). «El Tiempo en Baleares. Sigue el verano». *Baleares*, 10-VII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bd). «Tiempo en Baleares. El anticiclón de las Azores se refuerza. No obstante, en Baleares puede hacer tiempo benigno durante gran parte de la semana». *Baleares*, 13-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960be). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 20-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bf). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 27-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bg). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 4-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bh). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 11-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bi). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 18-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bj). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 25-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bk). «Choques de presión en las irrupciones frías». *Revista de Geofísica* XIX, 75, 269-284. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1960bl). «La ley de la persistencia». *Tempero*, novembre, 11-14. Saragossa.
- (1961-1964). «Los dominios de aplicación de la meteorología». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1961: 225, 226, 227, 228; 1962: 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240; 1963: 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252; 1964: 253, 254, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1961aa). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 1-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1961ab). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 8-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ac). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 15-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ad). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 22-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ae). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 29-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961af). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 5-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ag). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 12-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ah). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 19-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ai). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 26-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961aj). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 5-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ak). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 12-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961al). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 19-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961am). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 26-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961an). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 2-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ao). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 9-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ap). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 16-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961aq). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 23-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1961ar). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 30-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961as). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 7-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961at). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 14-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961au). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 21-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961av). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 28-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ax). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 4-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ay). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 11-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961az). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 18-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ba). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 25-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bb). «Tiempo en Baleares. Comentario retrospectivo». *Baleares*, 10-IX-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bc). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 17-IX-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bd). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 1-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961be). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 8-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bf). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 22-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bg). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 29-X-1961. Palma. Signat *Alcor*.
- (1961bh). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 12-XI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1961bi). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 3-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bj). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 10-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bk). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 17-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bl). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 24-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bm). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 31-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bn). *Nociones de climatología general y de Menorca* I. Maó: Manuel Sintés Rotger, 138.
- (1961bo). «Problemas de frecuencia y duración». *Revista de Geofísica* XX, 79, 267-270. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1961bp). «Aspecto meteorológico de las armas de contaminación». *Revista de Aeronáutica* XXI (2a. època), 250, 740-746. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1961bq). «La repartición de la lluvia». *Tempero*, juliol, 13-16. Saragossa.
- (1961br). «Sobre aprovechamiento de la energía del viento». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 220, 221, 222, 223 i 224, s. p. Zona Aèrea de Baleares. Palma.
- (1962a). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 7-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962b). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 14-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962c). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 21-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962d). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 28-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962e). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 4-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962f). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 11-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962g). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 18-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962h). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 25-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962i). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 4-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962j). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 11-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1962k). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 18-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962l). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 25-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962m). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 1-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962n). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 8-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962o). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 15-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962p). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 22-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962q). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 6-V-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962r). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 13-V-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962s). «Energía eólica». *Revista de Geofísica XXI*, 82, 177-183. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1962t). «El frente mediterráneo». *Revista de Geofísica XXI*, 83, 249-250. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1962u). «El règim de pluges a les Illes Balears». *Lluc*, 493, 68-69. MSC. Palma.
- (1963a). «Meteorología amortiguada y previsión numérica». *Revista de Geofísica XXII*, 87, 213-239. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.
- (1963b). «Meteorología astronáutica». *Revista de Aeronáutica*. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1963c). «La corriente en chorro mediterránea». *Saitabi XIII*, 87-109. Universitat de València. València. N'hi ha una separata de 18 pàg.
- (1966a). *La dinámica aparente de la meteorología*. Sèrie A-19, 28. Segona edició. Servicio Meteorológico Nacional, Madrid.
- (1966b). *Los diagramas mixtos en meteorología*. Sèrie A-41, 23. Servicio Meteorológico Nacional, Madrid. Conferència feta el dia 12 de maig de 1962 en el primer cicle de conferències desenvolupades a l'Institut Nacional de Meteorologia, durant l'any 1962.
- (1966c). «Meteorología del Mediterráneo Occidental». Tercer cicle de conferències desenvolupat a l'INM, durant l'any 1964. Sèrie A-43, 35. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- (1967). «Las temperaturas extremas son vectores». *Calendario meteoro-fenológico 1968*. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1968a). *Manual del observador de meteorología*. Sèrie B-12, 432. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid. És una segona edició corregida i ampliada de la de 1956. Hi ha una edició facsímil de la referenciada feta aquí per l'INM el 1985.
- (1968b). «Los ojos de Argos». *Revista de Aeronáutica*, 326, 22-31. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1968c). «Climatología de Palma de Mallorca». *BCOCINP LXX*, 658, 3-35. Palma. N'hi ha una separata de 37 pàg.
- (1968d). «El "Storm Glass"». *Calendario Meteoro-fenológico 1969*, 157-161. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.

- (1969a). *Curso de Climatología*. Sèrie B, 19, 445. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- (1969b). «El uso de diagramas mixtos». *Revista de Geofísica*, XXVIII, 385-426. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1969c). «¿Medimos bien la lluvia?». *Calendario Meteoro-fenológico 1970*, 161-166. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1970a). «El último piso». *Revista de Aeronáutica*, 359, 748-756. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1970b). «Una comparación interesante». *Calendario Meteoro-fenológico 1971*, 173-177. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1971). «Tormentas». *Calendario Meteoro-fenológico 1972*, 172-177. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1972). «Las anomalías climatológicas en España». *Calendario Meteoro-fenológico 1973*, 161-169. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1973). «Las cuatro estaciones». *Calendario Meteoro-fenológico 1974*, 161-167. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1974). «Incendios forestales». *Calendario Meteoro-fenológico 1975*, 161-165. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1975). «Mapas de índices climatológicos». *Calendario Meteoro-fenológico 1976*, 161-169. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1976a). *La meteorología como ciencia, como arte y como técnica*. Sèrie A-57, 19. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1976b). «Correlaciones». *Calendario Meteoro-fenológico 1977*, 165-170. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1977). «Climas continentales y marítimos». *Calendario Meteoro-fenológico 1978*, 161-169. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1985). *Manual del observador de meteorología*. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid. És una edició facsímil de la publicada el 1968, que té com a precedents les de 1944 i 1956.
- (1985). *Meteorología teórica*. Sèrie B-13. INM. Madrid. És una edició facsímil de l'obra editada entre 1959 i 1961, que reuneix els quatre volums d'aquella edició en dos toms.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M.; CLAR, J. (1947). «El clima del puerto de Andratx». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 59, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M.; JAUME TORRES, E. (1946-1947). «El régimen de brisas en la Isla de Mallorca». *Revista de Geofísica*, 19-20, 19: 304-328, 20: 52-53. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.

Obra inèdita

- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1955 circa). *El problema de la energía en Menorca*. Mecanoscrit, 151 pàg. Original dipositat a l'Institut Menorquí d'Estudis.
- (1964). *La física de la bicicleta*. Mecanoscrit, 181 pàg. + 57 fig. Premiat el 1964 pel Centro de Orientación Pedagógica del Ministerio de Educación Nacional. Original dipositat a l'Institut Menorquí d'Estudis.

- (1972 circa). *Simbolismo en física*. Consta de 42 capítols i 3 apèndixs, amb un total de 464 pàg. manuscrites. Original dipositat a l'Institut Menorquí d'Estudis.
- (1972 circa). *El último viaje de Gulliver*. Novel·la. Manuscrit, 181 pàg. Original dipositat a l'Institut Menorquí d'Estudis.

Col·laboracions amb editorials

- ARMSTRONG, R. L.; KING, J. D. (1975). *Mecánica, ondas y termofísica*. 623 pàg., URMO. Bilbao. (Traducció.)
- HINDMARSH (1973). *Máquinas eléctricas*. URMO. Bilbao. (Traducció i adaptació.)
- RICHARDSON (1972). *Álgebra*. URMO. Bilbao. (Traducció.)
- ROJANSKY (1973). *Campos de ondas electromagnéticos*. URMO. Bilbao. (Revisió de la traducció.)

Entrevistes i notícies

- AVESPA (1958). «Desde hace dos meses se captan en Mallorca mensajes de la estratosfera, gracias al radio-sonda del Servicio Meteorológico de Aviación». *Diario de Mallorca*, 2-XI-1958. Entrevista a J. M. Jansà Guardiola.
- CALDENTY, Q. (1962). «Díganos Vd. algo. D. José M. Jansà». *Baleares*, 24-III-1962. Balears Clima.
- COMPTE PORTA, R. (1957). «Coloquio con D. José M. Jansà Guardiola, Premio Ciudad de Palma». *Última Hora*, 23-I-1957.
- GAFIM (1957). «Mallorca no pasará el frío del año 1956 (Entrevista a J. M. Jansà Guardiola)». *Baleares*, «Los reportajes de Baleares».
- J. M. (1958). «Mallorca es demasiado pequeña para una previsión meteorológica estrictamente». *Última Hora*, 4-II-1958. Palma. Entrevista a J. M. Jansà Guardiola.
- MEDINA, M. (1962). «Palma y la meteorología». *Baleares*, 20-IV-1962. Article que comenta l'entrevista que Quinito Caldentey va fer a J. M. Jansà Guardiola, publicada al *Baleares* el 24-III-1962.
- MONTIS (1959). «Nuestra amiga la tierra. El clima de Mallorca». *Destino*, 3-I-1959. Comentari a l'article de J. M. Jansà Guardiola «Rasgos esenciales del clima agrícola en Baleares», publicat al *Boletín Agro-pecuario*, de la Caixa, abril-juny de 1958.
- S. A. (1955). «La causa de que no llueva en Mallorca puede encontrarse en el Canadá o en las Islas Hawai». *Diario de Mallorca*, 22-V-1955. Entrevista a J. M. Jansà Guardiola.
- S. A. (1962). «Hoy, Jornada Meteorológica Mundial». *Baleares*, 23-III-1962.
- SUREDA (1957). «La adjudicación de los Premios Ciudad de Palma. Los escritores premiados opinan (J. M. Jansà Guardiola)». *Diario de Mallorca*, 22-I-1957.

**Els manuscrits de
Josep M. Jansà
Guardiola
dipositats a
l'Institut Menorquí
d'Estudis**

Josep Miquel
Vidal Hernández
*Institut Menorquí
d'Estudis*

Els manuscrits de Josep M. Jansà Guardiola dipositats a l'Institut Menorquí d'Estudis

Josep Miquel Vidal Hernández

Coordinador científic de l'Institut Menorquí d'Estudis

Resum

La família de Josep M. Jansà diposità a l'Institut Menorquí d'Estudis quatre obres que el meteoròleg va deixar inèdites quan va morir. Dues d'aquestes obres són de caire tècnic, la tercera és de tipus filosòfic i la quarta és una obra de ficció de tema fantàstic. En el present article es fa una primera descripció del material, fent atenció particular al seu contingut i a les característiques d'elaboració.

Abstract

Josep M^a Jansà's family donated to the Institut Menorquí d'Estudis four works that the meteorologist left unpublished when he died. Two of this works are technical, the third document is one of a more philosophic orientation, and the fourth text is a fiction one. The following article is a first description of this material, giving especial attention to its contents and the characteristics of its elaboration.

Recepció del manuscrit, gener de 1997

Introducció

Josep M. Jansà va deixar, quan va morir, quatre obres inèdites que la seva família va dipositar, l'any 1995, a la biblioteca de l'Institut Menorquí d'Estudis. El títols d'aquests treballs són: *El problema de la energia en Menorca*, *Física de la bicicleta*, *El simbolismo en física* i *El último viaje de Gulliver*. Els dos primers són dos treballs tècnics, el tercer és de caire filosòfic, mentre que el quart és una obra de ficció de tipus fantàstic.

La data en què van ser elaborats els diferents treballs no hi figura en cap, però les informacions de la família en relació amb els tres darrers originals abans esmentats, i la data de les obres que apareixen en la bibliografia del primer, ens permeten de fixar una data probable de redacció per a cadascun, data que considerarem, més endavant, en cada cas.

Tots els treballs foren dipositats a la biblioteca de l'Institut Menorquí d'Estudis amb les mateixes condicions en què l'autor els havia conservat. Els dos primers —d'acord amb l'ordre en què apareixen més amunt— es troben dins carpetes de color blau amb elàstics, una per a cadascuna de les obres, mentre que el contingut del tercer està dividit en dues carpetes. La darrera obra es troba dins un sobre de color terrós.

El problema de la energía en Menorca

El problema de la energía en Menorca és un treball mecanografiat que té una extensió total de 149 pàgines de mida foli, amb uns fulls manuscrits inicials amb les fitxes dels llibres que apareixen en la bibliografia del treball.

L'autor no segueix una única numeració en tot el mecanoscrit, sinó que els distints capítols tenen numeració independent. El treball inclou desenvolupaments matemàtics, però les corresponents fórmules només apareixen en el primer capítol, mentre que en els altres capítols, en el lloc corresponent a les fórmules, s'hi troben espais o línies en blanc. Açò fa pensar que existia una versió manuscrita del treball amb l'aparell matemàtic complet i que, per algun motiu desconegut, va deixar la versió mecanoscrita incompleta o, almenys, la versió que coneixem nosaltres.

El treball no porta cap data, però en la introducció figura una referència al lliurament del premi Menorca a l'escriptora Carme Laforet, fet que va tenir lloc l'any 1955, i, per tant, l'obra ha de ser posterior a aquesta data. D'altra banda, les referències més modernes que figuren a la bibliografia corresponen a publicacions del mateix any 1955, i si Jansà feia servir —com es pot esperar d'un investigador meticulós com ell— la bibliografia més recent que s'havia publicat sobre el tema objecte del seu interès, hem de concloure que, si bé el mecanoscrit és posterior a 1955, no pot ser-ho gaire.

El projecte original de l'autor, segons explica ell mateix en la introducció, incloïa la realització d'un treball amb dues parts, que ell anomena memòries: una dedicada a estudiar l'energia eòlica i l'altra, l'energia solar. Cada una d'aquestes memòries, al seu torn, havia de tenir dues seccions: una primera de teòrica, en què es pretenia passar revista als coneixements generals relatius a cadascun d'aquests temes, i una segona de pràctica, en què s'havia d'estudiar la disponibilitat, a Menorca, de les dues energies.

En aquesta mateixa introducció, l'autor dóna entenent que aquestes memòries, com ell les anomena, formen part d'un pla de feina que ha de presentar a algun organisme o institució, sense donar-ne el nom, però afirma que *si este programa de trabajo es aceptado, nos comprometemos a efectuar el resto en el plazo de un año*. La resta, pel que es dedueix del text, eren els respectius estudis teòrics.

El fet que només es conservin la part introductòria general del treball i la memòria teòrica relativa a l'energia eòlica, i encara incompleta —sense fórmules—, com hem vist, ens fa pensar que aquells a qui anava dirigit el projecte —i que hem de suposar que tenien els mitjans per dur-lo a la pràctica— no es van mostrar interessats a realitzar-lo, i Jansà desistí de finalitzar, fins i tot, la part teòrica del seu treball.

El treball està dividit en set capítols¹ cadascun dels quals, al seu torn, està subdividit en diversos apartats que també es distingeixen pel tema específic que s'hi tracta (vegeu l'apèndix 1). L'obra comença amb un capítol introductori que, al final, inclou un «Programa de trabajo» de tres pàgines i una bibliografia mecanografiada que és la mateixa que apareix manuscrita al principi.

El darrer capítol és molt curt, només té cinc pàgines, i l'autor, segons explica, pretén fer-hi una mena d'avenç de les possibilitats d'aplicació de l'energia eòlica a

¹ Jansà, tant en aquest original com en els altres, no dóna mai el nom de *capítols* a les divisions temàtiques en què estructura els seus treballs, ni tampoc cap altre nom ni numeració, sinó que els distingeix, només, amb la denominació del tema general que exposa en cadascun. Nosaltres, però, per claredat expositiva, emparem, en tots els casos, la denominació corrent de *capítols* per referir-nos a les divisions temàtiques de Jansà.

Menorca. Per açò fa servir les dades de què es disposava en aquell moment, les quals, però, no considera suficientment significatives per arribar a conclusions definitives sobre la viabilitat de l'exploració de l'energia eòlica. Per açò, observa, serà necessari un pla específic d'observacions anemomètriques planejades amb aquesta finalitat precisa.

La física de la bicicleta

El segon document, *La física de la bicicleta*, és un treball mecanografiat de 179 pàgines, més dues amb el sumari. Les pàgines, fins a la 144, duen doble numeració, una que va des del nombre 1 fins al 181, i l'altra d'independent per a cada capítol. En aquest cas, la formulació matemàtica està escrita a mà en el lloc que li correspon al llarg del text.

El treball, com tots els altres, no està datat i, en aquest cas, no duu cap bibliografia que en permeti determinar una data aproximada. Nogensmenys, el fet que aquest treball va ser premiat l'any 1964 pel Centro de Orientación Didáctica del Ministerio de Educación Nacional, ens permet posar aquest any com a límit màxim d'acabament del treball, encara que no puguem determinar-ne la data de l'inici. Es podria pensar que aquesta deu estar relacionada amb la data de la convocatòria del premi, però, si no hagués estat aquesta l'única convocatòria, sinó que es tractà d'un premi anual —cosa que no sabem—, l'autor podia haver preparat l'obra durant uns quants anys i haver-la presentat l'any 1964.

El mecanoscrit pretén, segons explica l'autor a la introducció, emprar «*una máquina relativamente sencilla y bien conocida de todos como la bicicleta*» per convertir-la «*en un problema polifacético de Física*». Per fer açò segueix un mètode consistent a cercar «*el entronque de cada problema con los primeros fundamentos, a partir de los cuales seguimos luego un camino rápido y derecho que conduzca a la solución, sin desdeñar los matices de significación teórica, enlazados con el procedimiento*». És a dir, l'autor estudia cada aspecte del funcionament d'una bicicleta aplicant-hi els principis de la física, i, en cada cas, a més de resoldre els problemes que pugui plantejar aquest funcionament, aprofita l'explicació per desenvolupar els aspectes més rellevants d'aquells principis. Per tant, encara que l'autor no ho digui explícitament, sembla que la seva intenció era desenvolupar un curs de física al nivell dels darrers cursos de batxillerat —batxillerat superior segons la denominació de l'època—, prenent la descripció del funcionament i l'estructura d'una bicicleta com a argument director.

El treball està dividit en dotze capítols precedits d'una «Introducción». El desenvolupament de l'estudi el fa l'autor seguint l'esquema clàssic de la física: primer els aspectes de la bicicleta relacionats amb la mecànica, a continuació els que tenen a veure amb la termodinàmica i, finalment, els corresponents a l'electricitat i l'òptica; l'excepció és l'acústica, que figura al final. Els noms d'aquestes branques de la física, però, no apareixen en els capítols, sinó que aquests duen els noms dels temes relacionats amb la bicicleta i el seu funcionament: per exemple, «Estabilidad», «Los neumáticos», «El timbre», etc. (vegeu l'apèndix 2). Cada capítol, al seu torn, està dividit en un nombre més o menys gran d'apartats, segons els aspectes específics de cada tema que l'autor vol tractar; al seu costat i precedint-los, figuren també els apartats en què s'exposen els teoremes o principis físics generals que es necessiten per estudiar els temes esmentats.

El mecanoscrit va acompanyat de 57 fitxes, conservades fora del cos de l'original, on hi ha un text, generalment breu, i un encapçalament, i que corresponen a altres tantes figures que devien il·lustrar el treball que l'autor va enviar al Ministeri. En l'encapçalament de cada fitxa es troben el nombre de la figura a la qual correspon i el nombre de la pàgina

on se suposa que havia d'anar el dibuix. En el text central de les fitxes hi ha el contingut del peu que la figura havia de dur —a vegades d'una manera esquemàtica— i l'explicació que havia de servir per identificar els elements dels dibuixos que apareixien en les figures. Les figures originals no s'han conservat en cap cas —l'autor les degué entregar al Ministeri—, però hi ha dotze fulls de mida foli amb esbossos, més o menys elaborats, previs a les figures, i un sobre que conté una sèrie de fulls solts de mida quartilla amb altres esbossos, aquests molt poc elaborats. En darrer terme, hi ha una figura humana plana retallada en cartró i una bicicleta, també plana i feta amb el mateix material, que, o bé l'autor havia emprat com a model per als seus dibuixos, o bé era un model per fabricar figuretes impreses del mateix tipus per acompanyar el llibre, si s'arribava a publicar —a les quals tal vegada es pensava dotar d'articulacions perquè poguessin moure les extremitats i imitassin els moviments d'un ciclista—, per facilitar la comprensió als lectors dels distints capítols.

Per finalitzar amb aquest original, i només com a curiositat, ja que no té res a veure amb el seu contingut, cal esmentar que, entre les pàgines 150 i 151, i, per tant, dintre el capítol titulat «Alumbrado», apareix un full solt numerat amb el número 4, amb un text mecanoscrit que ocupa fins a la meitat de la pàgina. Aquest text sembla el final d'un article de divulgació de caire històric, en què es discuteix el tema de si realment Lady Hamilton va acompanyar Lord Nelson en la visita d'aquest darrer a Menorca, o si tal afirmació és falsa. En el text, l'autor no arriba a cap conclusió, encara que sembla que té més simpatia per la primera possibilitat.

El que resulta curiós d'aquest article és que no coneixem cap altra publicació, dintre la nombrosa bibliografia de Jansà, de tema estrictament històric. Nogensmenys, el fet que es tracta d'un original i que es troba entre les pàgines d'un altre original de Jansà, ens fa pensar que és obra seva. Respecte al seu destí, el més probable és que l'article fos pensat per al diari *Menorca*, i, fins i tot, podria ser que s'hi hagués publicat i no hagués estat inclòs dins la bibliografia de Jansà per haver passat desapercebut.

Açò darrer seria possible si es té en compte que, segurament, l'autor va escriure aquest article a Menorca, una vegada jubilat, i per aquest motiu, si es publicà, passà desapercebut fora de l'illa. Aquesta datació tan tardana de l'article, malgrat haver-se'n localitzat el full final en un original de principis dels anys seixanta, l'hem deduïda del fet que, al final de l'article, apareixen el nom i l'adreça de la historiadora Micaela Mata, especialista en el segle XVIII menorquí i bona coneixedora dels arxius britànics relatius a Menorca, a la qual segurament devia voler fer alguna consulta. El fet és que la relació d'aquesta investigadora amb la història de la Menorca anglesa no comença fins a les darreries dels anys seixanta, i a Menorca no fou coneguda fins a l'any 1973, quan publicà el seu primer llibre, una obra de divulgació anomenada *Conquestes i reconquestes de Menorca*, que en aquella època va tenir una notable difusió dins l'illa. Per tant, sembla lògic de suposar que l'anotació de Jansà amb l'adreça de la historiadora és d'aquesta època, i difícilment podria ser molt anterior.

El simbolismo en física

El tercer original es titula *El simbolismo en física*, i es tracta d'una obra manuscrita que consta de 484 fulls de mida quartilla escrits per una sola cara. Només en són excepcions alguns casos en què Jansà empra el revés d'un full per afegir alguna frase o fer alguna correcció al text que hi ha en el full confrontant. Cada capítol duu una numeració independent, però a vegades apareixen fulls amb una numeració doble o, fins i tot, triple.

La data en què Jansà preparà aquest manuscrit no figura, com en els altres casos, a l'original, però se sap que el va preparar després d'haver-se jubilat i, per tant, l'hem de suposar escrit entre 1972 i 1977. Aquests límits els hem fixat pel fet que els dos primers anys de la jubilació —entre 1970 i 1972— va estar afectat per cataractes, la qual cosa li va impedir llegir i escriure fins que una operació quirúrgica, duta a terme l'any 1972, li tornà la visió normal. D'altra banda, a partir de l'any 1977, els efectes d'un infart cerebral li dificultaren, fins a fer-la impossible, tota activitat intel·lectual.²

Així i tot, volem esmentar que, encara que no podem posar en dubte aquestes dates, pel fet que provenen de fonts directes, sí que afegirem que es podria donar el cas que algun capítol del manuscrit ja hagués estat preparat abans de la jubilació de l'autor. El motiu d'aquesta creença és que, en un capítol on es parla d'astronomia i dels distints tipus d'astres que existeixen a l'univers, no fa referències als púlsars, descoberts a finals de 1968 —astres que, quan es van descobrir, van rebre un tractament de la premsa gairebé sensacionalista. I açò resulta una mica estrany en un autor que, normalment, en els seus escrits, intenta, en cada moment, no deixar fora les referències als fets científics més actuals. Així i tot, en aquest cas no podem estar tan segurs com s'hi podria estar si es tractàs d'una de les seves obres purament científiques, ja que el plantejament filosòfic de l'obra l'eximia d'esmentar aquells aspectes de la realitat, com ara els púlsars, que no tenien una incidència directa en el desenvolupament de les seves tesis.

El propòsit de Jansà en aquest treball ens el dona a conèixer ell mateix en el pròleg quan afirma que:

«Nos proponemos desarrollar una tesis que más o menos explícitamente han profesado un buen número de científicos, y que conduce a una cierta interpretación filosófica del contenido de la física experimental y teórica. Esta tesis se reduce a afirmar que una parte considerable del contenido de la Física es simplemente simbólica, en contra de la opinión que al parecer profesaban los científicos de siglos anteriores, para quienes todo el contenido de dicha disciplina era expresión objetiva de la verdad de las cosas tal como son.»

Aquest propòsit i la filosofia que l'inspira queden més clars encara en un resum mecanografiat de quatre folis —l'únic text mecanografiat que figura entre tots els documents originals corresponents a aquest treball— on Jansà afirma:

«La tesis expuesta en el presente ensayo puede resumirse en breves palabras así: el contenido de la ciencia y en particular de la Física puede expresarse de dos maneras: de forma directa, describiendo el Universo tal como es y como funciona, o bien en forma simbólica, sustituyendo la supuesta realidad por un modelo simbólico adecuado.

»Los dos caminos son válidos. El símbolo es una forma de conocer o de presentar la verdad. Durante mucho tiempo se ha pensado que la ciencia tiene por objeto formular una imagen del Universo no solo verdadera sino lógica y, por decirlo así, fotográfica. Poco a poco se han abierto camino los puntos de vista simbolistas, según los cuales hay ciertos aspectos de la Realidad inaccesibles si no es simbólicamente. Las regiones simbólicas del cuerpo de la ciencia se van extendiendo de día en día y hoy podemos afirmar que se han apoderado de la mayor parte de dicho cuerpo. Se va haciendo, pues, urgente deslindar con claridad lo que hay de directo y lo que hay de simbólico en cualquier exposición científica.»

² A. Jansà Clar, comunicació personal.

Els originals d'aquest treball es troben repartits en dues carpetes i cinc sobres, cadascun dels quals duu escrit el nom del treball, *El simbolismo en física*, seguit d'un nombre d'ordre. Les carpetes també duen escrit el nom del treball amb la numeració dels sobres que contenen. A l'interior dels sobres, els fulls estan repartits en petites carpetes, fetes amb fulls de paper doblegats, cadascuna de les quals inclou el que podria ser un capítol —encara que, com sempre, l'autor no li dona aquest nom. Cadascun d'aquests capítols està destinat a desenvolupar un tema determinat, el nom del qual està escrit a l'inici del text i en el full plegat que n'envolta les pàgines. Els capítols que s'inclouen dintre d'un mateix sobre solen tractar temes afins o lògicament encadenats, però no es pot assegurar —encara que és molt probable— que cadascun dels sobres correspongui a una eventual divisió en parts, prevista en el treball definitiu.

Els fulls del text que es troba dins el primer sobre duen, gairebé tots, una numeració triple, una a dalt a la dreta, la segona a baix a la dreta i la tercera a baix i cap al centre de la pàgina. La primera numeració correspon a la general de l'obra, ja que va seguida des de la pàgina 11 —on comença el capítol «Recurso a la Epistemología»— fins a la 93 —on acaba el capítol «La Materia».³ Hi ha, però, certes parts del text encara no ordenades, ja que entre el «Recurso a la Epistemología» i el següent capítol, «El espacio», Jansà n'hi havia col·locat un altre de titulat «La imagen provisional», sense numeració general i, per tant, sense rompre la continuïtat de numeració entre els dos que el flanquejaven, la qual cosa ens fa suposar que era un afegit posterior a la redacció i ordenació dels altres. Quant als primers capítols, l'original de Jansà en conté tres: un «Prólogo», una «Introducción», i el tercer titulat «El simbolismo», que, com a subtítol, portava el nom d'«Introducción», nom que fou ratllat per l'autor. Aquests tres capítols ocupen una extensió de 27 pàgines, i només un, la introducció, té l'extensió precisa de 10 pàgines, que és la que es correspon amb l'inici de la numeració del capítol «Recurso a la Epistemología». Malgrat aquesta coincidència, el fet que Jansà no hagués eliminat els altres capítols ens fa creure que els pensava mantenir i preparar-ne una nova redacció que els refongués tots tres en un de sol o, simplement, que pensava fer una nova numeració definitiva que els inclogués tots tres.

La numeració que apareix en cada full a baix a la dreta, amb molt poques excepcions, és la que correspon a cada capítol independentment dels altres, és a dir, és una numeració que comença amb la primera pàgina de cada capítol i acaba amb la darrera. Aquesta numeració presenta salts i també hi apareixen fulls sense numerar, la qual cosa fa patents modificacions de l'original consistents en l'anul·lació o l'afegit de pàgines.

En darrer terme, la numeració que apareix a baix de cada full cap al centre, és també una numeració general, com la primera, però distinta, és a dir, suposava una organització diferent del text.⁴ No sabem si aquesta numeració és anterior a aquella que figura a dalt, a la dreta, de cada pàgina, o si, al contrari, l'havia de substituir, i, per tant, seria la definitiva. En tot cas, hem d'esmentar que l'ordre en què figuren les pàgines en els sobres, tal com van ser dipositats a l'Institut Menorquí d'Estudis, correspon a la numeració superior.

En el primer sobre, i només en aquest, cada petita carpeta de paper duu escrit damunt el nombre de fulls que té el capítol que abraça.

En el segon sobre, el tema de la numeració segueix la mateixa tònica que en el cas anterior, és a dir, hi trobam una numeració triple que mostra clarament l'existència d'altres ordenacions dels temes. No tractarem aquí totes les peculiaritats d'aquestes numeracions

³ El sumari de l'obra, amb la distribució dels capítols, es troba a l'apèndix 3.

⁴ Vegeu l'apèndix 3.

superposades, ja que les seves característiques són semblants a aquelles que hem discutit més amunt, i les conclusions que podem treure respecte de pàgines afegides, suprimides o reordenades són les mateixes.⁵

La triple numeració desapareix en els fulls d'aquest sobre. Primer treu la numeració de dalt a la dreta, és a dir, la general, que s'atura a la pàgina 107, mentre la numeració del centre de la part inferior de les pàgines a partir de la pàgina 108 es trasllada al cantó dret del full, i substitueix la numeració que hi havia abans en aquest lloc, tot passant a ser l'única numeració fins a la pàgina 129, a partir de la qual queda una numeració única i independent per a cada capítol.

Tot aquest tema de la numeració, tant en aquest manuscrit com en els altres originals, sembla que demostra que Jansà treballava els temes independentment. És a dir, encara que hem de suposar que, com és evident, l'autor devia tenir en el pensament un projecte global concret, en el moment d'emprendre les seves obres, i a partir d'aquí devia escollir els temes principals per desenvolupar, sembla que anava desenvolupant d'una manera autònoma els distints temes o capítols, i que, en alguns casos, només en un moment avançat en l'elaboració de l'obra decidia l'ordre definitiu en què s'havien d'encadenar els temes segons ho imposava la mateixa lògica de la seva elaboració. Amb açò no volem dir que Jansà giràs de dalt a baix l'estructura de l'obra, una volta redactada, sinó, simplement, que podia intercanviar parells de capítols pròxims o incloure'n algun altre de nou.

El segon sobre conté un apèndix, al qual l'autor dóna el nom d'«Apèndice D» —com veurem, hi ha altres apèndixs dins el darrer sobre— i té com a títol «Grandes físicos». Hi apareix una llista de 140 físics, dels quals dóna el cognom, el segle en què van treballar i el nom del descobriment que, segons el parer de Jansà, és la seva contribució més important a la ciència o, almenys, aquella que ell vol destacar en el seu treball. Els científics esmentats no apareixen ni per ordre alfabètic, ni per ordre cronològic, sinó que estan ordenats d'acord amb les especialitats en què cadascun va treballar. Aquesta classificació obeeix a criteris particulars de l'autor, ja que és evident que, en molts de casos, es pot considerar que determinats científics poden anar col·locats en un mateix grup, però açò no treu que molts també tindrien afinitats amb altres camps. Cal remarcar, però, que es podria, així mateix, donar el cas que aquest apèndix fos provisional, que l'ordre en què apareixen els científics fos el resultat d'una recuperació memorística que fa l'autor, dels científics enumerats a partir d'una revisió mental de les distintes branques de la física, però que més tard els volgués col·locar per ordre alfabètic o bé cronològic.

En aquest mateix sobre s'hi troba un «Índice de materias», el qual no és un sumari de l'obra, sinó una llista de temes per tractar en cada capítol. Aquesta llista es pot interpretar de dues maneres: o bé es tracta d'un esquema director, escrit per l'autor abans de començar la seva obra, perquè li servís de guia a l'hora de desenvolupar cada tema, o bé es tracta d'una llista feta a posteriori, amb els conceptes més importants que es tracten en cada capítol, a fi d'elaborar un índex de matèries clàssic. El fet que en aquesta llista, no tant sols els capítols apareixen en el mateix ordre en què estan en els sobres, i d'acord amb la numeració superior, quan n'hi ha, sinó que els conceptes per tractar en cada capítol, per nombrosos que siguin, apareixen efectivament tots en el desenvolupament del capítol, i ho fan en l'ordre previst per l'autor, ens fa pensar que la hipòtesi de l'elaboració de l'índex a posteriori seria la bona. Si no fos així, en aquesta ordenació s'haurien de notar les

⁵ En particular, a l'apèndix 3 hem intentat reconstruir una de les reordenacions possibles d'acord amb la numeració inferior.

diferències amb l'original, motivades per les fusions de capítols, i pels canvis en l'ordenació. L'absència, gairebé total, de qualsevol mena de correcció en aquestes llistes invalida la hipòtesi mixta que les llistes fossin guions previs que s'anassin modificant a mesura que l'autor anàs avançant en el desenvolupament dels seus temes.

En aquesta primera carpeta hi ha un tercer sobre, que duu el mateix títol que els anteriors, però sense indicació de numeració, en el qual es troben dos documents més: es tracta d'un currículum de l'autor i un resum del treball. Els dos documents hi apareixen per partida doble: manuscrits i mecanografiats. En el primer, que ocupa un foli d'extensió i un terç d'un altre, hi figuren, molt resumides, les principals fites de la carrera professional de Jansà: càrrecs, premis i llibres publicats. El segon, que en la versió mecanoscrita té una extensió de quatre folis, malgrat el seu títol de «Resumen», és més aviat una exposició de les finalitats que pretén l'autor amb l'obra i la seva justificació.

En el tercer sobre, els fulls que fan de carpetes separadores duen escrit en el revers les llistes dels conceptes que es desenvolupen en el capítol al qual serveixen de separació. Aquestes llistes estan copiades literalment, en tots els casos, de l'índex de matèries. És a dir, hi apareixen els mateixos conceptes i en el mateix ordre en què els trobam en aquell. Pensam que aquest fet no afegeix cap informació rellevant al que hem comentat més amunt sobre aquest tema.

Els fulls d'aquest sobre, com els del següent, només duen una numeració: aquella que figura al costat dret inferior de cada full. Aquesta numeració, com hem vist, és independent per a cada capítol, i només presenta els salts deguts a supressió o afegit de pàgines. El fet que no hi hagi numeració general no vol dir que l'autor no tingués previst l'ordre en què havien d'anar els capítols, ja que en l'índex de matèries els esmenta en un ordre determinat, que és el mateix que es conserva a l'interior dels sobres.

En el darrer sobre s'inclouen els tres primers apèndixs, distingits per les primeres lletres de l'abecedari. Aquests apèndixs tenen la particularitat que, malgrat que el seu nom —«Los recursos matemáticos», «Método vectorial» i «Representaciones gráficas»— fa suposar que estan destinats a aclarir diversos aspectes matemàtics de la física, l'autor no hi fa servir cap desenvolupament matemàtic ni cap gràfic. És a dir, intenta exposar els conceptes bàsics de les principals branques de les matemàtiques que s'empren en física —a un nivell elemental i mitjà— sense recórrer al desenvolupament matemàtic mateix i, fins i tot, sense oferir cap expressió matemàtica —en són una excepció unes expressions escadusseres que apareixen en el segon apèndix. Malgrat tot, és molt probable que Jansà hagués previst de realitzar algun gràfic per acompanyar les explicacions que dona en el text, sobretot en els dos darrers apèndixs, il·lustracions que no arribà a realitzar o que es van perdre.

El último viaje de Gulliver

El darrer original inèdit de Josep M. Jansà dipositat a l'Institut Menorquí d'Estudis es titula *El último viaje de Gulliver* i es tracta d'una narració curta classificable dintre el gènere de la literatura fantàstica. Aquesta obra, com l'anterior, està en forma manuscrita i té una extensió de 100 pàgines de mida quartilla, escrites per una sola cara.

⁶ A. Jansà Clar, comunicació personal.

Com tots els treballs anteriors, no està datat, però informacions familiars permeten de situar-ne l'elaboració dintre la primera època de la jubilació de Jansà,⁶ és a dir, com hem vist, entre 1972 i 1977, i, com veurem tot seguit, és probable que fos escrita en els darrers anys d'aquest període.

Algunes pàgines del treball presenten doble numeració, la qual cosa, com en els altres casos, és conseqüència del fet que l'autor va eliminar, o va afegir, pàgines en diversos passatges de l'original, i després en renumerà el conjunt. L'obra, en principi, s'havia estructurat en vuit capítols, que no duen cap títol, l'inici dels quals està assenyalat amb l'ordinal corresponent escrit en nombres romans. Va ratllar, però, aquesta numeració inicial, i així l'obra apareix, en el manuscrit que coneixem, sense cap indicació sobre el tipus de reorganització que havia pensat per substituir l'original. És a dir, no sabem si l'autor pensava reunir diferents capítols en un de sol, o si simplement havia eliminat els ordinals com a sistema per assenyalat l'inici d'un capítol.

El treball, com les altres vegades, va acompanyat d'un resum de sis fulls de mida quartilla, també manuscrit, en què es descriuen els principals trets de l'acció.

És difícil d'esbrinar el propòsit de l'autor en aquesta obra, ja que, a diferència dels casos anteriors, el resum no en diu res. En aquesta novel·la Jansà ens descriu les aventures d'un personatge anomenat Ulisses Gulliver —el nom ja dona les claus de les aventures—, les dimensions del qual, per un accident estrany, es redueixen a uns pocs mil·límetres. A partir d'aquest moment, la narració ens explica el viatge d'Ulisses en el món mil·limètric i les seves peripècies en un ambient que ens molt pròxim, però que, per raons d'escala, ignoram en la nostra vida quotidiana.

Sorprenentment, el viatger forçós es troba en una ciutat com les del món que acabava de deixar, però feta a la seva nova escala, que, de més a més, està habitada per homes i dones de les mateixes dimensions que ell, d'aspecte normal i que parlen el seu idioma. Després de la sorpresa inicial, descobreix que aquests humanoides són els descendents i alguns supervivents d'un grup de persones que l'exèrcit nord-americà va sotmetre a un experiment secret que no aconseguí els efectes que s'esperaven. El que resulta curiós és que l'experiment consistí, segons Jansà, en l'explosió d'una bomba de neutrons, giny que va gaudir d'una fama poc envejable en la premsa dels anys 1976 i 1977, i que fou descrit d'una manera bastant incorrecta, com una arma que afectava les persones però no els objectes. És precisament aquesta coincidència entre el nom de l'arma secreta del relat de Jansà i el de l'arma que estava en el centre dels debats de les negociacions per a la no proliferació d'armes atòmiques l'any 1977, que ens ha dut a pensar que l'obra va ser escrita en les dates esmentades més amunt. Així s'entendria que el nom de la nova arma, no les seves característiques tècniques, hagués servit d'inspiració a Jansà.

L'autor continua el seu relat descrivint les peripècies de Gulliver i els seus companys a la minúscula ciutat on viuen, anomenada Microburgo, fins que decideixen fabricar un artefacte que els permeti tornar al món d'on provenen, és a dir, que els faci recuperar les dimensions originals. L'instrument en qüestió, segons explica l'autor, està constituït per un conjunt de generadors d'antineutrons, els quals se suposa que tindran un efecte sobre l'organisme humà contrari al dels neutrons originals.

L'obra finalitza amb la posada en funcionament amb èxit de l'artefacte i el retorn gradual dels habitants de Microburgo al món quotidià, començant per l'heroi de la novel·la, Ulisses Gulliver, que és el primer a emprendre el camí de tornada, a més d'haver promogut la construcció de la màquina del retorn.

Al principi hem qualificat aquesta obra de mostra de literatura fantàstica, tant pel tema que desenvolupa com per la manera de fer-ho, ja que, al llarg del text, el recurs a la

ciència, en la majoria dels casos, és només un recurs literari, com, per exemple, quan se serveix d'un imaginari efecte empetidor de les radiacions neutròniques per explicar l'accident sofert pels protagonistes. Així i tot, aquesta afirmació té excepcions i també trobam alguns passatges on l'autor pretén explicar determinats fets, insòlits per les circumstàncies anormals que els envolten, amb tot rigor científic, com quan explica els problemes que tenen els microhumans per extreure aigua d'una gota de rosada, a causa de la tensió superficial.

Un altre aspecte que és present a l'obra, però també molt superficialment, és l'ús de les situacions fantàstiques com a paràbola per fer crítica de situacions reals, en aquest cas, de l'excés de burocràcia en el món de la investigació. Així, Jansà planteja aquest tema concret amb motiu de la construcció a Microburgo de l'artefacte que permetrà als seus habitants tornar al món normal. El tema, però, no és desenvolupat en profunditat, i la seva inserció queda com un mer apunt.

L'existència d'aquests passatges enquadrables dintre el camp de la ciència ficció o dintre la paràbola social, ens deixa el dubte de si el manuscrit que ha arribat fins a les nostres mans era una versió que l'autor considerava gairebé definitiva, o si Jansà pensava refer-lo encara per ampliar els aspectes susceptibles de desenvolupament científic o els aspectes simbòlics, a fi d'oferir un retrat al·legòric de la societat científica de l'època que en posàs de manifest les mancances.

És difícil que arribem mai a tenir una resposta segura a la qüestió de quines eren les vertaderes intencions de l'autor quan es plantejà aquest relat fantàstic. Així i tot, el més assenyat és suposar que no tenia altres intencions que les de fer el que va fer, és a dir, un relat senzill i fantàstic, com a entreteniment simultani o posterior al seu treball més consistent i profund: *El simbolismo en Física*. És a dir, no pretenia una anàlisi rigorosa de com seria el món vist per una persona reduïda a una alçada de pocs mil·límetres —de fet aquesta hipòtesi inicial ja per si mateixa suposa àmplies llicències biològiques i físiques—, i quins problemes tindria per poder viure en aquest medi, ni tampoc pretenia descriure críticament la nostra societat a través del món simbòlic de Microburgo. Si els dos aspectes estan presents en l'obra d'una manera molt superficial és perquè l'autor ho va voler així, no pel fet hipotètic que l'autor hagués volgut completar l'obra i la seva malaltia li ho hagués impedit. Aquesta, però, és, com hem dit al principi, una qüestió que mai no podrem resoldre amb seguretat.

APÈNDIX 1

Sumari i extensió dels apartats de cada capítol del llibre *El problema de la energia en Menorca*.

INTRODUCCIÓ⁷

Agricultura, 4 pàg.

Indústries agrícoles, 3 pàg.

Ganaderia e indústries ganaderas, 3 pàg.

Pesca e indústries anejas, 2 pàg.

Indústries propiamente dichas, 10 pàg.

A continuació hi ha un «Programa de trabajo» de 3 pàgines i una «Bibliografia» de 2 pàgines.

ENERGÍA EÓLICA. GENERALIDADES

Las reservas de energía, 3 pàg.

Génesis de la energía eólica, 3 pàg.

Las categorías de viento, 3 pàg.

Los sistemas de viento, 4 pàg.

La actuación de la energía, 4 pàg.

Los cauces, 5 pàg.

Cometido final, 1 pàg.

LOS MANANTIALES

Anticiclón de origen, 3 pàg.

Energía interna, energía bária y entalpía, 5 pàg.

Energía gravitatoria, 3 pàg.

Altura del centro de gravedad, 3 pàg.

Conservación de la energía, 2 pàg.

La energía de condensación, 2 pàg.

Estructura de los anticiclones, 4 pàg.

LA TRANSFORMACIÓN

Teorema de Margules, 4 pàg.

Subversiones, 2 pàg.

Subversión de una columna inestable, 4 pàg.

Evolución de una columna mixta inestable, 4 pàg.

Evolución de una columna doble, 3 pàg.

El papel del vapor de agua, 1 pàg.

EL FLUJO

Ecuación de Bernoulli, 9 pàg.

Papel de la entalpía, 3 pàg.

Flujo horizontal, 3 pàg.

La presión dinámica, 4 pàg.

⁷ Aquest capítol comença amb un apartat sense cap títol especial que té una extensió de set folis.

- Estructura vertical, 9 pàg.
- Fórmulas de Gulberg y Mohn, 3 pàg.
- Tensor de las tensiones, 7 pàg.
- Término del rozamiento en general, 7 pàg.
- Variación del viento en la capa límite, 3 pàg.

APROVECHAMIENTO

- Potencia disponible, 5 pàg.
- Rendimiento, 8 pàg.
- La rafagosidad, 11 pàg.
- El factor topográfico, 9 pàg.

APLICACIÓN

- Potencia disponible, 4 pàg.
- Rendimiento, 2 pàg.

APÈNDIX 2

Sumari i extensió dels apartats de cada capítol del llibre *La física de la bicicleta*.

INTRODUCCIÓN, 2 pàg.

LA MÁQUINA

- Descripción, 3 pàg.
- La operación de medir, 7 pàg.

LOS MECANISMOS

- Algo de cinemática, 4 pàg.
- Las transmisiones y el desarrollo, 3 pàg.
- La regla de los trabajos virtuales, 4 pàg.

FUERZAS

- El concepto de fuerza, 2 pàg.
- Los principios fundamentales. Punto material, 1 pàg.
- Medida estática de una fuerza, 1 pàg.
- Medida dinámica de una fuerza, 1 pàg.
- Disgresión especulativa, mitja pàg.
- Vector fuerza, 1 pàg.
- Traslación y rotación, mitja pàg.
- Composición de fuerzas, 1 pàg. i mitja.
- El centro de masa, 1 pàg.
- Centro de gravedad, mitja pàg.
- Centro de gravedad de la bicicleta, 3 pàg.
- Primera generalización de los principios de la mecánica, mitja pàg.
- Fuerzas de contacto y fuerzas a distancia, 1 pàg.
- Momento de una fuerza, 1 pàg.
- Par de fuerzas, mitja pàg.

El momento de inercia, 1 pàg.
Momentos de inercia en la bicicleta, 1 pàg.
Segunda generalización de los principios de la mecánica, 1 pàg.
Sistema mecánico, mitja pàg.
El equilibrio, 1 pàg. i mitja.

RESISTENCIA DEL AIRE

Aspecto cinemático, 2 pàg. i mitja.
La ecuación de Bernoulli, 1 pàg. i mitja.
Condición de continuidad y efecto Venturi, 2 pàg.
Paradoja de D'Alembert, mitja pàg.
Cavitación, 2 pàg.
Velocidades inducidas, 1 pàg. i mitja.
Cálculo de la resistencia, 2 pàg.

RÉGIMEN

Fuerzas que intervienen, 1 pàg.
Equilibrio del monociclo remolcado, 2 pàg.
Equilibrio del monociclo autopropulsado, 1 pàg.
Bicicleta arrastrada en régimen permanente, 2 pàg.
Rueda que desciende por una pendiente, mitja pàg.
Rozamiento por rodadura, 1 pàg. i mitja.
Rozamiento en el eje, mitja pàg.
La tracción en régimen permanente, mitja pàg.
Bicicleta autopropulsada en régimen permanente, 1 pàg.
Régimen acelerado, mitja pàg.
Monociclo en régimen acelerado de tracción, 1 pàg.
Explicación dinámica, 1 pàg.
Bicicleta en descenso acelerado, 2 pàg.
Monociclo autopropulsado con aceleración, 1 pàg. i mitja.
Bicicleta autopropulsada con aceleración, 2 pàg.

ESTABILIDAD

Propiedades giroscópicas, 2 pàg. i mitja.
Estabilidad de la bicicleta, 2 pàg.

EXPLOTACIÓN

Trayectorias rectilíneas. Fase acelerada, permanente o de crucero y retardada, 5 pàg. i mitja.
Los frenos, 4 pàg. i mitja.
Sube y baja, 3 pàg.
Trayectorias curvas, 4 pàg. i mitja.
Acrobacias, 4 pàg.

EL DIAGRAMA ENERGÉTICO, 7 pàg.⁸

⁸ Aquest capítol no està subdividit en apartats.

LOS NEUMÁTICOS

- El estado gaseoso, 2 pàg.
- Unidades de presión, 2 pàg.
- Manómetro, mitja pàg.
- Ley de los gases, 3 pàg.
- La bomba de compresión, 2 pàg.

AMORTIGUADORES

- Elasticidad, 4 pàg. i mitja.
- El resorte helicoidal, 2 pàg.
- Vibraciones de un resorte, 2 pàg.
- Resonancia, 1 pàg. i mitja.

ALUMBRADO

- Electromagnetismo, 4 pàg.
- Campos magnéticos, 2 pàg. i mitja.
- Los imanes, 3 pàg. i mitja.
- Generadores electromagnéticos, 3 pàg. i mitja.
- La corriente, 5 pàg. i mitja.
- La bombilla, 3 pàg.
- Termodinámica de la bombilla, 2 pàg. i mitja.
- Óptica del farol, 1 pàg.
- Catadioptrio, 2 pàg.

EL TIMBRE, 4 pàg.⁹

ÍNDICE, 3 pàg.

Juntament amb l'original es troben les figures següents:

- Figura 1:¹⁰ «Esquema de una bicicleta».
- Figura sense nombre:¹¹ «Esquema del piñón libre».
- Figura 13: «Articulaciones de un ciclista» (2 esbossos).
- Fig. 50:¹² «Regímen de un g alternador monopolar».
- Figura 53:¹³ «Deformación de la boca de un timbre esférico por percusión».
- Figura sense nombre: «Producto vectorial».¹⁴

Aquestes figures estan acompanyades de dos esbossos que sembla que corresponen a la figura 1, encara que no hi ha cap indicació de l'autor que permeti confirmar-ho, i un altre full solt on l'esbós no es pot identificar, ja que només hi apareix un cercle.

⁹ Aquest capítol està format per un sol apartat.

¹⁰ Com a títol i nombre de les figures, reproduïm el que el mateix autor va escriure devora cada una, encara que ni l'un ni l'altre coincideixen moltes vegades amb el peu escrit a les fitxes de cada figura que hem esmentat al text (vegeu la pàgina 5).

¹¹ Duu una indicació que diu que aquesta figura havia d'anar a la pàgina 22.

¹² Duu una indicació segons la qual la figura havia d'anar a la pàgina 156.

¹³ Duu una indicació segons la qual la figura hauria d'anar a la pàgina 176.

¹⁴ Aquesta figura no duu nombre ni títol, però s'hi representa un producte vectorial, o més ben dit, la manera d'obtenir les coordenades d'un vector producte vectorial gràficament. A la vegada hi figura també la fórmula per calcular numèricament aquestes mateixes coordenades.

Totes aquestes figures estan agrupades fora del text. A més hi ha un sobre a part en el qual figuren diferents esbossos dels temes o objectes següents:¹⁵ electroimant (un esbós), «Análisis de rodadura» (un esbós), «Velódromo (dimensiones del velódromo, pendiente del peralte, velocidades normales, libres y tras moto)», velòdrom (un altre esbós amb les dades d'una bicicleta escrites davall), «g alternador monopolar» (dos esbossos).

APÈNDIX 3

Sumari i extensió de les diferents parts del manuscrit *El simbolismo en física*.¹⁶

Primer sobre:¹⁷

Prólogo, 3 pàg.
Introducción, 10 pàg.
El Simbolismo, 14 pàg.
Recurso a la Epistemología, 23 pàg.
La Imagen provisional, 5 pàg.
El Espacio, 24 pàg.
El Tiempo, 14 pàg.
El Espacio-Tiempo, 7 pàg.
La Materia, 7 pàg.

Segon sobre:

La Antimateria, 5 pàg.
La Carga eléctrica, 9 pàg.
El Movimiento y la Fuerza, 19 pàg.
El Campo gravitatorio, 11 pàg.
El Campo electromagnético, 5 pàg.
La Energía, 14 pàg.
La Potencia y la Acción, 17 pàg.
La Medida, 14 pàg.
Otras Magnitudes sustantivas, 7 pàg.
Apéndice D. Grandes Físicos, 9 pàg.
Índice de Materias, 21 pàg.
Curriculum Vitae, mecanoscrit, 2 pàg.
El simbolismo en Física (Resumen), mecanoscrit, 4 pàg. de text i una amb el títol i l'autor
El Simbolismo en Física, 7 pàg.
Curriculum Vitae, manuscrit, 3 pàg.

¹⁵ Els noms en castellà entre cometes corresponen a anotacions de l'autor, mentre que els noms en català són interpretacions nostres quan l'esbós no duu res escrit.

¹⁶ Si no s'especifica el contrari, totes les pàgines d'aquest treball són de mida quartilla i estan manuscrites.

¹⁷ Si consideram la numeració del centre de la part inferior de les pàgines (vegeu la pàg. 9), l'autor hauria previst una altra ordenació dels primers capítols, que seria la següent: «Recurso a la Epistemología», «La Materia», «El Espacio», «El Tiempo», «El Espacio-Tiempo» (les pàgines d'aquest darrer havien estat incloses, segons la numeració, dintre del capítol que el precedeix), «El Campo gravitatorio» (també constituït per pàgines que en un principi formaven part del capítol precedent) i «La Energía».

Tercer sobre:

- El principio de Incertidumbre, 8 pàg.
- Los principios de Conservación, 6 pàg.
- El principio de Persistencia, 7 pàg.
- El principio de Evolución, 14 pàg.
- Los principios de Mínimo, 2 pàg.
- Principios de Simetría, 8 pàg.
- Las Leyes empíricas, 9 pàg.
- Formulación de Leyes empíricas, 6 pàg.
- Magnitudes adjetivas y Conceptos abstractos, 7 pàg.
- Prosigue la Investigación, 11 pàg.
- El principio de Relatividad, 8 pàg.
- La Probabilidad, 16 pàg.

Quart sobre:

- El Microcosmos, 11 pàg.
- La última palabra, 6 pàg.
- El Mensajero, 8 pàg.
- La Electricidad, 10 pàg.
- La Termodinámica, 5 pàg.
- La Elasticidad y las Ondas, 4 pàg.
- Las Teorías y las Hipótesis, 5 pàg.
- Descripción y Explicación, 10 pàg.
- El Mundo intermedio, 12 pàg.
- La nueva Imagen del Universo. El Macrocosmos, 12 pàg.
- Apéndice A. Los recursos matemáticos, 25 pàg.
- Apéndice B. Método vectorial, 26 pàg.
- Apéndice C. Representaciones gráficas, 9 pàg.

COL·LABORACIONS

**De los invariantes
para masas de aire
a la vorticidad
potencial**

Sergio Alonso Oroza
*Departament de Física.
Universitat de les Illes
Balears*

Territoris (1998), 1:
87-100

De los invariantes para masas de aire a la vorticidad potencial

Sergio Alonso Oroza

Departament de Física, Universitat de les Illes Balears

Resumen

Durante mucho tiempo se han buscado magnitudes que permanecieran invariantes, mientras las masas de aire experimentan transformaciones físicas. Ejemplos de dichos invariantes han sido la temperatura potencial, las temperaturas equivalentes potenciales o la temperatura del termómetro húmedo, que aquí se describen. Con el nuevo teorema del torbellino de Ertel y los trabajos de Rossby, se introduce hace medio siglo la vorticidad potencial. En este artículo se hace un repaso a su significado y se presentan algunas aplicaciones, principalmente de aspectos mediterráneos.

Abstract

Searching of invariant magnitudes for air masses suffering physical evolutions has expended a lot of time during the history of the Meteorology. Examples of such invariant magnitudes have been the potential temperature, the equivalent-potential temperatures or the wet thermometer temperature, which are described in this paper. Fifty years ago, by means of the new Ertel's vorticity theorem and the works by Rossby, the potential vorticity was introduced. In this paper a revision of its significance and some applications, mainly to Mediterranean aspects, are developed.

Recepción del manuscrito, noviembre de 1996

Introducción

En la evolución histórica de la Meteorología, lo mismo que ocurrió en la Física en general, se han dedicado grandes esfuerzos a la búsqueda de magnitudes que no experimentan variaciones, que permanecen inalteradas, mientras la Naturaleza está en evolución continua. Evidentemente me estoy refiriendo a los invariantes. Como hace años leí en un libro, cuyo autor y título no recuerdo, se ha tratado de buscar aquello que no cambia mientras que todo cambia. Si se quisiera dar a lo anterior un tinte trascendente, del que la Ciencia oficial no está exenta, existiría un cierto paralelismo con la búsqueda del alma: lo permanente frente a la transitoriedad humana.

Pensando en la Física, lo anterior se podría resumir en la búsqueda de la energía, magnitud misteriosa para todos los que alguna vez empezamos el aprendizaje, nunca acabado, de la Física. La energía no cambia; ni se crea ni se destruye; sólo se transforma de unos tipos en otros, aprendimos desde muy pequeños sin saber muy bien lo que decíamos.

En los fluidos, y la atmósfera evidentemente lo es, muchos de los cambios a que antes me refería tienen que ver con el movimiento de los puntos del fluido, y consecuentemente con su deformación. Si el fluido es compresible, y la atmósfera lo es, ese movimiento podría implicar cambios de densidad y con ella de otras variables termodinámicas identificadoras de su estado. Una primera consecuencia de lo anterior es que la dinámica y la termodinámica acostumbra a no ser independientes. En la materia que nos ocupa, la Meteorología, esas magnitudes invariantes solían ser temperaturas.

En este artículo no voy a entrar a fondo en el concepto de invariancia siguiendo el movimiento del fluido. Únicamente indicar que, estrictamente hablando, la invariancia significaría que determinada una propiedad física para una porción muy pequeña del fluido en movimiento, su valor permanecería absolutamente constante durante el movimiento de dicha porción de fluido. Lo anterior no está reñido con el hecho de que, para un instante fijo, la propiedad pueda cambiar espacialmente, o sea, de una porción a otra del fluido.

La relación de lo anterior con las masas de aire viene por medio de la definición de estas últimas. Se acostumbra a decir que las superficies frontales separan entre sí masas de aire, donde, horizontalmente, algunas propiedades toman valores muy parecidos, con variaciones bruscas al pasar a través de las superficies frontales de una masa a otra. En este caso se habla de la uniformidad (¡no de la invariancia!) de dichas variables.

Si alguna de esas propiedades, mientras la masa de aire evoluciona —envejece—, permaneciera invariante, se la podría utilizar para identificar dicha masa durante la evolución. Es como si pudiéramos pintarla de amarillo, y permaneciera siempre amarilla, a pesar de cambiar todas las demás propiedades en el proceso de envejecimiento. Con esta filosofía nos referimos en Meteorología a los invariantes de masas de aire.

Lo que hay que decir acto seguido es que el invariante universal no existe: no hay ninguna propiedad que no sufra variación alguna durante cualquier proceso que experimente la masa de aire. Hay algunas variables que permanecen más o menos inalteradas en ciertos procesos; a aquellas y a estos les dedicaré los siguientes apartados. A continuación introduciré la vorticidad potencial como trazador y finalizaré dando algunos ejemplos de aplicación. Debo indicar que gran parte de lo que sigue se puede encontrar con mucho más detalle en Morán (1944), Jansà (1959) y Puigcerver (1968).

Evolución adiabática del aire seco

Aunque todos sabemos que, estrictamente hablando, el aire exento totalmente de humedad no existe, se acostumbra a iniciar cualquier descripción de la termodinámica atmosférica (p.e., los ya citados Morán, 1944; Jansà, 1959; Puigcerver, 1968) con el denominado aire seco, formado por la misma mezcla de gases que la atmósfera terrestre pero sin agua. Con él como sistema se llevaron a cabo (por Boyle, Mariotte, Gay-Lussac y otros muchos) las experiencias que condujeron a la introducción del concepto de gas ideal. Como muy bien apunta Ballester (1993) resulta sorprendente que hoy día se hable del comportamiento del aire como gas ideal, cuando en realidad serían los denominados gases ideales los que se asemejarían en su comportamiento al aire, paradigma de gas ideal.

Debido a la pequeña conductividad del aire, para intervalos cortos de tiempo, se puede suponer que una porción de aire (burbuja, decimos a veces) evoluciona sin intercambiar calor con sus alrededores. Este tipo de procesos se denominan entonces adiabáticos y para ellos, en los gases ideales, la temperatura, T , depende sólo de la presión, p . Gracias a esto se puede definir la temperatura potencial, θ , como la que alcanzaría el

aire, inicialmente en condiciones (p, T) , evolucionando adiabáticamente hasta una presión de referencia, P , ordinariamente 1000 hPa. Es evidente que la temperatura potencial no sufre variaciones en procesos adiabáticos. Su expresión matemática resulta ser

$$\theta = T \left(\frac{P}{p} \right)^{R/c_p} \quad [1]$$

donde $c_p = 1005 \text{ J/kgK}$ y $R = 287.05 \text{ J/kgK}$ son, respectivamente, el calor específico a presión constante y la constante específica como gas ideal del aire seco.

Aunque en una masa de aire la temperatura potencial dada por (1) no es uniforme, experimenta al atravesar los frentes variaciones mucho más grandes que en el seno de la propia masa. Por esta razón se emplea con frecuencia para estudiar el movimiento de los frentes que, al fin y al cabo, delimitan masas de aire. Además, según la vertical, suele aumentar con la altura siendo su aumento más débil cerca de las superficies frontales que lejos de ellas.

Si en la evolución de las masas de aire los procesos fueran adiabáticos, se podría obtener información acerca de la procedencia de las masa de aire sin más que hacer un seguimiento, hacia atrás en el tiempo, de la distribución espacial de la temperatura potencial. Sin embargo, la radiación y el rozamiento hacen que los procesos sean diabáticos aunque el aire fuera seco. Si se considera la presencia de agua (vapor, líquida o sólida) en el aire, con la facilidad con que experimenta cambios de fase, es imprescindible tomar en consideración el calor latente que, en última instancia, modifica diabáticamente la temperatura del aire y, como consecuencia, su temperatura potencial.

Procesos con evaporación y condensación

Si bien para aire seco, durante intervalos cortos de tiempo, se puede, en primera aproximación, considerar las evoluciones como adiabáticas, si el aire se satura se producen intercambios importantes de energía que no pueden ser omitidos. De hecho son estos intercambios de energía los que, en última instancia, dan lugar a los fenómenos del tiempo, objeto de estudio de la Meteorología.

A efectos de composición, el aire se puede considerar como una mezcla de aire seco y vapor de agua. La relación en que se encuentran en una muestra de aire se denomina proporción de mezcla, y vale

$$r = \frac{m_v}{m_s} \quad [2]$$

siendo m_v y m_s , respectivamente, las masas de vapor de agua y de aire seco existentes en la muestra de aire húmedo. Como la masa del vapor de agua que acompaña al aire seco para constituir el aire húmedo es muy pequeña, la proporción de mezcla dada por (2) toma valores muy pequeños, del orden de las milésimas a unas pocas centésimas. Normalmente, como es bien conocido, se multiplica su valor por 1000 para que las cifras significativas correspondan a la parte entera, y se expresa entonces en g/kg.

Se deduce fácilmente que en una masa de aire húmedo en que no se dan procesos de evaporación ni condensación, la proporción de mezcla debe ser invariante. Sin embargo aumenta cuando se evapora agua en el seno del aire y disminuye cuando se produce una condensación, como es el caso de la precipitación. Para aire de condiciones de presión y temperatura (p, T) la proporción de mezcla aumenta, por evaporación, sólo hasta un valor máximo, r_w , denominado proporción de mezcla saturante. Si la evaporación prosigue se produce condensación a fin de no superar el valor de dicha proporción de mezcla saturante.

Las cosas son más complicadas si p y T van cambiando, como por ejemplo ocurre en una masa de aire en ascenso. Se produce saturación, y posteriormente condensación, al ascender el aire sin cambiar la proporción de mezcla, r , porque en el ascenso los valores saturantes van disminuyendo al cambiar las condiciones de presión y temperatura. O sea, no es que r aumente hasta r_w debido a una evaporación, sino que r_w disminuye hasta alcanzar r . Esto no son más que dos procesos particulares de los muchos que pueden llevar a la saturación del aire. Se ve por lo tanto que, ni la temperatura potencial ni la proporción de mezcla, se pueden utilizar como invariantes para masas de aire en las que se producen cambios de fase del agua.

Seguramente la idea de invariante para una masa de aire quedará más claro tras el siguiente ejemplo. Es conocimiento común que tras un chubasco la temperatura del aire descende; hace más fresquito, se dice a nivel popular. ¿A qué se debe este descenso? Habría dos posibilidades. Una primera sería consecuencia de un cambio de masa de aire al paso de un frente frío, con lo que se trataría de lluvia frontal y descenso posterior de temperatura al llegar la masa fría. La segunda posibilidad sería que el descenso de temperatura fuera consecuencia de la evaporación del agua de la propia lluvia, con lo que el aire se enfriaría al suministrar al agua la energía necesaria para dicha evaporación. Si existiera un invariante para la masa de aire, como en la segunda posibilidad no hay cambio de masa, el invariante tomaría el mismo valor después del enfriamiento que antes de él. Por el contrario, en el primer caso, al cambiar la masa de aire, dicho invariante también cambiaría.

¡Que útil hubiera resultado poder pintar unas masas de amarillo, otras de rojo, otras de verde ...! La contestación sería inmediata: si la masa era verde y sigue siendo verde ...

La temperatura equivalente, T_e , surgió con el fin de servir de invariante para masas de aire en las que se produjeran evaporaciones o condensaciones. De esta forma, si la temperatura del aire cambia, y la temperatura equivalente también, el cambio se debe a la sustitución de una masa de aire por otra y no a evaporaciones o condensaciones. En el caso anterior, el primer supuesto implicaría cambio de temperatura equivalente, mientras que el segundo, no.

Para obtener la temperatura equivalente se puede pensar en una masa de aire húmedo en condiciones (p, T, r) que, manteniendo la presión constante, condensa todo el vapor al tiempo que el aire seco va absorbiendo el calor latente liberado en la condensación. Al final del proceso se tendría aire seco en condiciones (p, T_e) con

$$T_e = T + \frac{Lr}{c_p} \quad [3]$$

donde $L = 2.5 \times 10^6$ J/kg es el calor latente de condensación para el agua.

Al margen de si, para llegar a (3), el proceso es físicamente posible (en realidad violaría el Segundo Principio de la Termodinámica), la verdad es que la fórmula (3) se ha empleado como invariante para condensaciones y evaporaciones en el seno de una masa de aire, con relativamente buenos resultados. Hay otras definiciones y expresiones para la temperatura equivalente, pero los valores numéricos resultantes son todos muy parecidos entre sí. En la práctica, se da incluso la paradoja de resultar menos invariantes otras temperaturas equivalentes, deducidas a partir de procesos físicamente correctos, que la dada por (3).

Para aclarar un poco la dificultad de encontrar un invariante universal, se puede pensar en una situación real. La mayor parte de las condensaciones, y desde luego todas las copiosas, se producen por ascenso, más o menos adiabático, de una masa de aire húmedo hasta que la masa se satura. Posteriormente, si el ascenso continúa, siempre se produce condensación (omito el porqué y el cómo). Estoy describiendo, evidentemente, la formación de una nube por encima del llamado nivel de condensación, accesible si el aire en ascenso alcanza las condiciones de saturación.

En la primera parte del proceso, por debajo del nivel de condensación, la temperatura potencial (1) no cambia apreciablemente (en la práctica se considera invariante), pero la temperatura equivalente (3) sí lo hace al disminuir T , aunque no cambie r . Al iniciarse la condensación, por el contrario, cambiaría θ , pero no lo haría T_e .

La búsqueda de un invariante para todo el proceso condujo, como se puede esperar, a una combinación de las dos temperaturas. Hay que señalar que hay dos posibilidades. Si se calcula la temperatura equivalente una vez obtenida la potencial, se tiene la temperatura potencial equivalente que vale, de (3) y (1)

$$\theta_e = \theta + \frac{Lr}{c_p} = T \left(\frac{P}{p} \right)^{R/c_p} + \frac{Lr}{c_p} \quad [4]$$

Si, por el contrario, se calcula la temperatura potencial a partir de la equivalente, se llega a la temperatura equivalente potencial que, de (1) y (3), vale

$$\theta_{ep} = T_e \left(\frac{P}{p} \right)^{R/c_p} = \left(T + \frac{Lr}{c_p} \right) \left(\frac{P}{p} \right)^{R/c_p} \quad [5]$$

Resulta evidente que (4) y (5) no coinciden. Incluso, si la presión es muy baja, θ_{ep} llega a ser mucho mayor que θ_e , a igualdad de todo lo demás.

El hecho de que la combinación de procesos dependa del orden en que se efectúen y, lo que es más importante, la imposibilidad física de que se dé el proceso que permite llegar a (3), obliga a una definición más precisa y físicamente correcta de la combinación de los dos procesos. La temperatura que resulta se denomina pseudopotencial equivalente, θ_{se} , al estar basada en la llamada evolución pseudoadiabática del aire húmedo saturado. El resultado, que no voy a dar aquí pues corresponde a la integración de una ecuación diferencial, es una temperatura más parecida a la equivalente potencial, (5), que a la potencial equivalente, (4).

Pese a las diferencias numéricas entre todas esas temperaturas equivalentes potenciales, como se las suele denominar, resultan todas ellas más o menos invariantes para masas de aire que experimentan el mismo tipo de procesos: evoluciones adiabáticas con evaporaciones y condensaciones. Dicho de otra forma, procesos relacionados con la formación de nubes y precipitación.

Y no se acaba aquí la historia de las temperaturas pretendidamente invariantes para masas de aire. Sin intentar describirlas todas, sí es interesante indicar algo más. Todas ellas deben calcularse, esto es, no hay ningún instrumento que las determine. Por otra parte, todas son diferentes, pero todas están relacionadas. Pues bien, hay otra temperatura, determinada directamente por un termómetro, que tiene propiedades semejantes a las equivalentes potenciales. Es la temperatura del termómetro húmedo (o mojado, como prefieren algunos denominarla) del psicrómetro, T_w . Basta tener un termómetro ordinario cuyo bulbo esté cubierto por una gamuza empapada en agua, para que la temperatura que indique, inferior a la del aire si éste no está saturado, se pueda utilizar como un invariante para masas de aire que sufran los mismos procesos anteriormente indicados.

La temperatura del termómetro húmedo, T_w , está relacionada también con todas las equivalentes potenciales y resulta ser la mínima que puede alcanzar una masa de aire al saturarse, a presión constante, por evaporación de agua en su seno.

Veamos un ejemplo de lo anterior. Por debajo de una nube que produce precipitación, el agua de la lluvia desciende y arrastra el aire hacia abajo. Sin embargo, también se evapora parcial o totalmente (a veces no llega la lluvia al suelo, con lo que la evaporación es total). Dicha evaporación hace descender la temperatura del aire que podría, en el límite, llegar a T_w . El aire más frío por la evaporación es más denso que aquel en el que ésta no se ha producido y tiende a descender. Los dos efectos, arrastre y enfriamiento, se superponen y pueden dar lugar a los denominados «desplomes» que producen peligrosos vientos por debajo de las nubes de tormenta. Estas condiciones son especialmente críticas durante la operación de toma de tierra de los aviones.

Aparte de las propiedades de invariancia de las anteriores temperaturas, su variación según la vertical proporciona un criterio sobre la denominada estabilidad, o capacidad del aire a entorpecer los movimientos verticales en su seno.

En aire seco se habla de estabilidad, indiferencia o inestabilidad si la temperatura potencial, respectivamente, crece, no varía o decrece con la altura. Como indiqué al principio, normalmente la temperatura potencial crece con la altura. Esto quiere decir que para aire seco normalmente se tiene estabilidad (a veces se añade el adjetivo absoluta para diferenciarla de otros tipos).

En el caso de aire húmedo saturado, debido al calor latente liberado en la condensación que se produzca, el criterio no se aplica con la temperatura potencial sino con las equivalentes potenciales o con la del termómetro húmedo. Se habla entonces de estabilidad, indiferencia o inestabilidad potencial o convectiva si esas temperaturas, respectivamente, crecen, no varían o decrecen con la altura. En este caso ya no es cierto que casi siempre se tenga estabilidad. Aire relativamente cálido y húmedo, en niveles bajos, y relativamente frío y seco por encima, es potencialmente inestable. Si se inicia por alguna causa un movimiento ascendente (como cuando una masa de aire remonta en su movimiento la ladera de una cordillera o montaña) la atmósfera lo favorece y se produce un fuerte movimiento convectivo, con formación de nubes de desarrollo vertical, capaces de producir lluvias muy copiosas. Hay algunos casos extremos espectaculares, con estabilidad absoluta en la capa más baja de la atmósfera, pero con inestabilidad potencial por encima.

Si se logra «romper» esa capa estable el proceso es tan rápido, y con tal liberación de energía, que se le da en la literatura especializada el nombre de explosivo.

El estudio de la distribución espacial de estas propiedades es lo que ha permitido justificar la formación de masas de aire mediterráneas, al adquirir el aire, tras permanecer cierto tiempo sobre el mar, estructura vertical potencialmente inestable con humedad elevada en las capas bajas (Jansà, 1959; Ramis, 1995).

Hasta ahora se han visto propiedades «estáticas» de las masas de aire; no se considera el que la masa se mueva como consecuencia de la existencia de fuerzas, de distinta índole, actuando sobre ellas. En lo que sigue se introducirán aspectos «dinámicos» para las masas de aire.

La vorticidad potencial

Se verá ahora que el inicio es completamente diferente del correspondiente a los aspectos estáticos. Mientras anteriormente he hecho referencia a pretendidas propiedades horizontalmente uniformes para identificar a las masas de aire, ahora no es posible para el comportamiento dinámico. Si el aire, un fluido, se moviera por igual en todos sus puntos, no experimentaría deformaciones, característica diferenciadora de su dinámica frente a los «sólidos rígidos». Hay que iniciar aquí la descripción del movimiento haciendo hincapié, por lo tanto, en el movimiento diferenciado de un punto a otro del fluido. De esta forma, un observador en un lugar concreto, sería capaz de poder deducir si, a su alrededor, el aire gira o no, como lo hace el agua de una bañera al salir por el sumidero. Este movimiento en torbellino del aire se identifica por medio de una variable física que se denomina vorticidad y que proporciona información tanto de la intensidad del torbellino, o vórtice, como de la orientación de su eje.

En el caso del aire, hay que distinguir una parte de la vorticidad debida al propio movimiento del aire respecto a la Tierra (vorticidad relativa) y otra parte consecuencia de la rotación del planeta (vorticidad planetaria). A la superposición de los dos efectos se le denomina vorticidad absoluta.

Hay algunos teoremas hidrodinámicos clásicos (debidos a Kelvin y Bjerknes) que establecen condiciones bajo las que la vorticidad absoluta puede ser invariante en el movimiento de una masa de aire. Es especialmente interesante la parte que afectaría a la orientación vertical de los ejes de torbellino. En el caso de la vorticidad planetaria, la intensidad queda identificada por el llamado parámetro de Coriolis, f , cuyo valor es

$$f = 2\Omega \sin \varphi \quad [6]$$

con $\Omega = 7.27 \times 10^{-5}$ rad/s, velocidad angular de rotación de la Tierra y φ , latitud del lugar. En el ecuador, $\varphi = 0$, la vorticidad planetaria sería nula (la rotación de la Tierra no influye verticalmente) y en el polo N, $\varphi = 90^\circ$, la vorticidad planetaria es máxima, e igual al doble de la velocidad angular de rotación de la Tierra.

Si bajo ciertas condiciones se conserva la vorticidad absoluta (en componente vertical), un vórtice que se moviera hacia el N, iría ganando vorticidad planetaria, con lo que debería perder vorticidad relativa (debilitarse el torbellino) en la misma cantidad, para que la suma, que no es otra cosa que la correspondiente vorticidad absoluta, no cambiara. El mismo vórtice moviéndose hacia el S, se iría intensificando, a medida que disminuye su vorticidad planetaria en la misma cantidad.

La vorticidad potencial incorpora características termodinámicas a la descripción dinámica anterior. Hay que decir, antes de seguir, que se produjeron dos aproximaciones independientes al problema. La que mayor difusión tuvo, al menos en un principio y sobre todo en el mundo anglófono, se debe a Rossby (1940). Él dió una formulación física abreviada, a partir de los teoremas de conservación del torbellino, y acuñó el nombre de vorticidad potencial. Por otra parte, Ertel (1942) publicó en alemán —en una época no muy favorable para la difusión científica normal— un nuevo teorema hidrodinámico del torbellino, con una maravilla de deducción matemática, en la que aparece una propiedad conservativa bajo ciertas condiciones (que no indicaré), de la que la vorticidad potencial de Rossby es un caso particular. El siguiente paso ha sido costoso, pero necesario. Se reconoce la paternidad de la vorticidad potencial a Ertel, y se le concede a Rossby el honor de haber deducido un importante caso particular, que permite, a su vez, la interpretación física de lo que significa la vorticidad potencial.

Las características termodinámicas del aire aparecen en la vorticidad potencial por medio de la densidad y de la variación espacial de la temperatura potencial. Dicha variación espacial, que no es otra cosa que la heterogeneidad —contraria como es evidente a la homogeneidad—, se mide por medio del vector gradiente.

El movimiento del aire es tal que, cambiando en el transcurso del tiempo la densidad, ρ , el gradiente de temperatura potencial, $\nabla\theta$, y la vorticidad absoluta, ξ^{\pm} , no lo hacen de forma arbitraria, sino que, si se puede prescindir de ciertos efectos, sus valores se ajustan para que la vorticidad potencial, Π , permanezca invariante. Dicha vorticidad potencial resulta ser

$$\Pi = \frac{\xi^{\pm} \cdot \nabla\theta}{\rho} \quad [7]$$

y, pese a haber sido introducida hace medio siglo, es ahora cuando goza de su máximo esplendor, gracias a las capacidades de cálculo, gráficas y de animación, disponibles en la actualidad por medios informáticos. En realidad casi podemos decir que, con la vorticidad potencial, podemos pintar las masas de aire de mil colores y seguir estos en su movimiento.

Siendo esto muy importante, mucho más lo es el que, bajo ciertas condiciones, todas las variables físicas importantes (dinámicas y termodinámicas) se pueden deducir a partir de la vorticidad potencial (se denomina principio de inversión: Hoskins et al., 1985; Thorpe, 1985; Egger, 1990; Raymond, 1992). La vorticidad potencial goza además de la denominada propiedad de impermeabilidad (Haynes y McIntyre, 1990), por la que, aunque no sea estrictamente conservativa, se la puede seguir como si fuera un trazador pasivo. Sería equivalente a una sustancia química que se introdujera en el aire y que, siguiéndola en su movimiento, no reaccionara con ninguno de los constituyentes atmosféricos. La ventaja de la vorticidad potencial es que se calcula y, por lo tanto, no hay que introducir sustancia alguna en el aire para seguir su movimiento y poder identificar así las masas de aire.

Una cuestión que queda pendiente, y que se debe abordar, es el porqué fue denominada vorticidad potencial por Rossby. La razón tiene que ver con el caso particular, con cuya deducción contribuyó Rossby en este aspecto. Sin embargo, parte de sus propiedades están en la expresión (7), como ya he dicho, más general. Lo veremos a partir de ella.

Las superficies ideales en que la temperatura potencial, θ , toma el mismo valor,

isotermas potenciales, determinan con su distribución espacial el valor del gradiente $\nabla\theta$, siendo más intenso allí donde las superficies están más juntas, allí donde hay más heterogeneidad. El producto escalar por la vorticidad absoluta de (7), como se sabe, se puede interpretar como producto del módulo de uno de los vectores (del gradiente, por ejemplo) por la proyección del otro vector sobre el primero (en este caso sería la proyección de la vorticidad absoluta sobre la dirección del gradiente, perpendicular a las superficies isotermas potenciales. O sea, se trataría de la componente normal). En el denominador de (7) aparece la densidad del aire. Aunque éste es compresible, se puede admitir, en primera aproximación, que, durante el movimiento, la densidad no cambia apreciablemente de valor.

Supongamos una situación en que, siguiendo el movimiento del aire, las superficies de θ constante se muevan de tal forma que se vayan progresivamente juntando. Al aumentar el gradiente debe disminuir la componente normal de la vorticidad absoluta para que, sin cambiar apreciablemente la densidad ρ , se mantenga constante la vorticidad potencial, dada por (7). Por el contrario, si el gradiente se debilita, debe aumentar la componente normal de la vorticidad absoluta. Todo ocurre como si la vorticidad estuviera «almacenada» allí donde se tienen las superficies isotermas potenciales «empaquetadas» y se liberara cuando se «desempaquetan». Este es el sentido del término potencial; que existe vorticidad almacenada que potencialmente puede ser liberada. El que esa vorticidad liberada sea capaz de crear torbellino en el movimiento, depende del hecho de que durante el proceso se mantenga, o no, la vorticidad planetaria.

Uno de los lugares donde la vorticidad potencial es muy grande es la estratosfera, debido a que el paso de la alta troposfera a la baja estratosfera a través de la tropopausa representa un gran aumento de la estabilidad absoluta. Esto hace que la temperatura potencial aumente rápidamente con la altura y se tengan, entonces, grandes empaquetamientos de isotermas potenciales con altos valores, como he indicado anteriormente, de vorticidad potencial.

Otro de los aspectos que convierte en importante a la vorticidad potencial tiene que ver con el principio de inversión, ya mencionado. En aquellas regiones limitadas de la atmósfera en donde existen grandes valores de vorticidad potencial —anomalías positivas— se observa, y se puede probar teóricamente la razón (Thorpe, 1985; Bishop y Thorpe, 1994; Thorpe y Bishop, 1995), que el aire se mueve ciclónicamente alrededor de la anomalía; o sea, visto desde arriba, en sentido contrario a las agujas de un reloj. En el caso de anomalías negativas, por el contrario, el movimiento sería anticiclónico.

Todas estas propiedades hacen de la vorticidad potencial una magnitud única para interpretar la dinámica de la atmósfera (McIntyre, 1988) y seguir, gracias a ella, el movimiento de las masas de aire.

Aplicaciones de la vorticidad potencial

Son innumerables los trabajos en que se aplican conceptos de vorticidad potencial para interpretar la dinámica atmosférica. Tanto es así que, tras el trabajo seminal de Hoskins et al. (1985), se ha acuñado el término «PV thinking» para esta forma de proceder basada en el significado de la vorticidad potencial (el acrónimo PV deriva del inglés, potential vorticity). El propio Hoskins, padre de esta tendencia, desarrolla un gran trabajo desde la Universidad de Reading «reescribiendo» muchas de las páginas de la

meteorología dinámica en términos de su «PV thinking» (p.e., Hoskins, 1990).

Como consecuencia del espíritu mediterráneo del investigador que homenajeamos en este volumen, mencionaré principalmente algunas aplicaciones particulares que tienen que ver con nuestro mar. Uno de los rasgos climáticos del Mediterráneo occidental es su carácter ciclogénico. De hecho, la ciclogénesis del Golfo de Génova, también llamada alpina, es una de las mejor conocidas, gracias a importantes estudios teóricos, llevados a cabo fundamentalmente en Bolonia (ver, p.e., como sinópsis, Tibaldi, Buzzi y Speranza, 1990) y al desarrollo de un gran experimento internacional, el ALPEX, sobre el papel que la cordillera alpina juega en la ciclogénesis. Una forma de interpretar dicha ciclogénesis alpina es mediante una interacción de anomalías de vorticidad potencial cuando se acercan en la vertical en las proximidades de la cordillera, como una especie de estalagmitas y estalagmitas. Una de las anomalías viaja embebida en la circulación general, en niveles altos, descendiendo a medida que se acerca a los Alpes. Las otras anomalías se encuentran en niveles bajos, consecuencia de la presencia de la montaña y del mar, relativamente caliente. Si esas anomalías llegan a estar suficientemente cerca se pueden unir en una sola, formando un gran remolino de eje casi vertical, que no es otra cosa que el ciclón de origen orográfico. Ocurre a veces que, antes de llegar a los Alpes, la anomalía elevada puede interaccionar con otras superficiales que se encuentran en las proximidades de la costa catalana, dando lugar a un ciclón capaz de producir lluvias intensas en Catalunya. Posteriormente se puede desplazar la baja hasta el golfo de Génova e intensificarse allí localmente. Alonso y Ramis (1992) pusieron de manifiesto alguno de estos aspectos para una situación de lluvia intensa en Catalunya.

Es también muy conocida la particularidad climática estival de la península ibérica, relativa a la presencia de la baja térmica. Esta estructura se sabe que tiene pequeña extensión vertical ya que está condicionada por el fuerte calentamiento del suelo y éste, como es lógico, se deja sentir sólo en las capas más bajas de la atmósfera. Alonso et al. (1994) identifican la baja térmica con una cúpula de vorticidad potencial negativa, como máximo de unos 2000 m de espesor, acompañada por una estructura de las isotermas potenciales en forma de embudo. Además, la impermeabilidad de las superficies de vorticidad potencial constante, en particular la de valor cero, hace que el aire quede como atrapado por ella. Dependiendo del régimen sinóptico general, la cúpula se deforma pero se mantiene anclada al suelo, a no ser que algún frente suficientemente activo la logre barrer. Plantean Alonso et al. (1994) que su presencia en verano podría actuar como inhibidora de la ciclogénesis de Argelia, causante de muchas de las situaciones de lluvia intensa en el Mediterráneo occidental (Jansà et al., 1986; Genovés y Jansà, 1989). Al llegar el otoño, y debilitarse la baja térmica, se podrían empezar a desarrollar las bajas al norte de la cordillera del Atlas, originadas por un mecanismo semejante al de las bajas del Golfo de Génova.

La última aplicación que comentaré tiene relación con el «almacen» estratosférico de vorticidad potencial. En determinadas condiciones, cuando la tropopausa presenta una gran pendiente, se produce, debido a un proceso de inestabilización, la «ruptura» de la tropopausa. Esta ruptura provoca intercambios de aire estratosférico y troposférico, lo que se puede poner de manifiesto usando la vorticidad potencial como trazador. Descendiendo por las superficies isotermas potenciales, que allí tienen una pendiente importante, se aprecia la aparición de anomalías de vorticidad potencial en las capas altas de la troposfera. A veces quedan aisladas en determinadas zonas, coincidentes con lo que se ha dado en llamar «gotas frías», que tanta influencia meteorológica tienen en nuestra zona geográfica. Dichas estructuras, para las que hoy se está proponiendo desde el Instituto Nacional de

Meteorología el nombre de DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos), tienen, según el «PV thinking», una interpretación clara: son anomalías positivas de vorticidad potencial en niveles altos, de origen estratosférico, pero aisladas, o casi aisladas, de ese gran almacén. Estas anomalías son un ingrediente importante de los procesos de ciclogénesis, como ya hemos visto anteriormente para el caso alpino.

Una consecuencia de la mezcla vertical que se produce a raíz de la ciclogénesis, es que el aire estratosférico, rico en ozono, puede llegar al suelo. Este mecanismo resulta eficaz para hacer aumentar, al nivel de la superficie de la Tierra, la concentración de ozono (Cuevas, 1996). Esta última aplicación de la vorticidad potencial, como trazador para estudiar las intrusiones estratosfera-troposfera, la quiero utilizar para acabar con una figura espectacular (Fig. 1, reproducción de Holton et al., 1995). Gracias a los recursos de cálculo y gráficos actuales, esta importante variable, introducida teóricamente hace unos cincuenta años, alcanza en nuestros días su máximo esplendor. Con ella podemos decir que culmina el proceso de búsqueda de magnitudes invariantes para masas de aire.

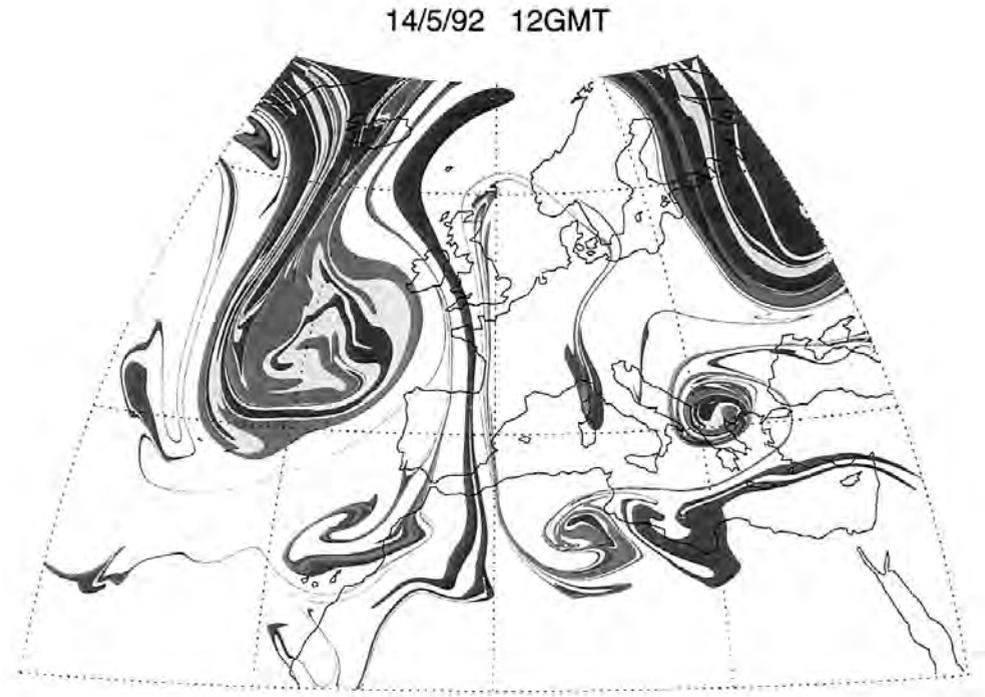


Fig. 1. Diferentes valores de vorticidad potencial sobre una superficie isoterma potencial aparecen coloreados. La superficie indicada intersecta la tropopausa, con lo que se puede seguir el intercambio de aire estratosfera-troposfera a través de la tropopausa. A destacar los grandes embolsamientos de aire estratosférico, con valores grandes de vorticidad potencial, al NW de la península y sobre Rusia. El ozono estratosférico, transportado muy aproximadamente como los colores de esta figura, podría alcanzar el suelo como consecuencia de la mezcla vertical que se produce por debajo de las anomalías positivas de vorticidad potencial.

Referencias

- Alonso, S. y C. Ramis, 1992: «What IPV can say about intense rain and floods in the Eastern coast of Spain». XVII General Assembly of the European Geophysical Society (Edinburgh, UK). *Ann. Geophys.*, Vol. 10 supl. II, C250.
- Alonso S., A. Portela y C. Ramis, 1994: «First considerations on the structure and development of the Iberian thermal low-pressure system». *Ann. Geophysicae*, 12, 457-468.
- Ballester, M., 1993: *Meteorología o Física del Aire*. Eudema Universidad. Madrid. 166 pp.
- Bishop, C. H. y A. J. Thorpe, 1994: «Potential vorticity and the electrostatics analogy: quasi-geostrophic theory». *Quart. J. R. Met. Soc.*, 120, 713-731.
- Cuevas, E., 1996: «Estudio del comportamiento del ozono troposférico en el Observatorio de Izaña (Tenerife) y su relación con la dinámica atmosférica». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.
- Egger, J., 1990: «Some aspects of potential vorticity inversion». *J. Atmos. Sci.*, 47, 1269-1275.
- Ertel, H., 1942: «Ein Neuer hydrodynamischer Wirbelsaltz». *Met. Z.*, 59, 271-281.
- Genovés, A. y A. Jansà, 1989: «Caracterización estadística de las perturbaciones mesoescalares en la región ibérico-mediterránea». Primer Simposio Nacional de Predictores del INM, 39-47. INM, Madrid.
- Haynes, P. H. y M. E. McIntyre, 1990: «On the conservation and impermeability theorems for potential vorticity». *J. Atmos. Sci.*, 47, 2021-2031.
- Holton, J. R., P. H. Haynes, M. E. McIntyre, A. R. Douglass, R. B. Rood y L. Pfister, 1995: «Stratosphere-troposphere exchange». *Rev. Geophys.*, 33, 403-439.
- Hoskins, B. J., M. E. McIntyre y A. W. Robertson, 1985: «On the use and significance of isentropic potential vorticity maps». *Quart. J. R. Met. Soc.*, 111, 877-946.
- Hoskins, B. J., 1990: «Theory of extratropical cyclones». En *Extratropical Cyclones. The Erik Palmén Memorial Volume*. Newton, C. W. y E. O. Holopainen, Eds., 63-80. AMS. Boston.
- Jansà, J. M., 1959: *Tratado de Meteorología Teórica*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. (Reeditado por el INM en 1985).
- Jansà, J. M., 1959: «La masa de aire mediterránea». *Rev. Geofís.*, 69, 35-50.
- Jansà, A., S. Alonso, C. Ramis, M. A. Heredia y J. A. García-Moya: 1986: «Non-Alpine contributions to Mediterranean cyclogenesis: synoptic study of two cases wich occurred during ALPEX Special Observation Period». *Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX)*. GARP Publications Series. No. 27, 1, 297-309. OMM. Ginebra.
- McIntyre, 1988: «Numerical weather prediction: a vision of the future». *Weather*, 43, 8, 294-298.
- Morán, F., 1944: *Apuntes de Termodinámica de la Atmósfera*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. (Reditado por el INM en 1984).
- Puigcerver, M., 1968: *Apuntes de Física del Aire*. Dept. de Física de la Tierra y del Cosmos. Universidad de Barcelona.
- Ramis, 1995: «Las observaciones de la atmósfera libre en Mallorca: una breve historia y algunos resultados». *Rev. Cièn.*, 17, 41-58.
- Raymond, D. J., 1992: «Nonlinear balance and potential-vorticity thinking at large Rossby number». *Quart. J. R. Met. Soc.*, 118, 987-1015.
- Rossby, C. G., 1940: «Planetary flow patterns in the atmosphere». *Quart. J. R. Met. Soc.*, suplemento. 66, 68-87.
- Thorpe, A. J., 1985: «Diagnosis of balanced vortex structure using potential vorticity». *J. Atmos. Sci.*, 42, 397-406.
- Thorpe, A. J. y C. H. Bishop, 1995: «Potential vorticity and the electrostatics analogy: Ertel-Rossby formulation». *Quart. J. R. Met. Soc.*, 121, 1477-1495.
- Tibaldi, S. y A. Buzzi, 1990: «Orographic cyclogenesis». En *Extratropical Cyclones. The Erik Palmén Memorial Volume*. Newton, C. W. y E. O. Holopainen, Eds., 107-127. AMS. Boston.

Paralelismo

Miquel Ballester
Cruelles
*Universidad
Complutense*

Territoris (1998), 1:
101-109

Paralelismo

Miquel Ballester Cruelles

Profesor Emérito de Física del Aire de la Universidad Complutense
y de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona

Resum

La història de la meteorologia al llarg del segle es dibuixa damunt tres fites o esdeveniments memorables, retratats per altres tantes màximes magistrals representatives, de les quals són autors, respectivament: (I) V. Bjerknes (1904), que afirma que la predicció meteorològica hauria de ser escomesa com un problema de física i de mecànica; (II) C. G. Rossby (1940), que estableix de forma indiscutible la primordial importància de la vorticitat en el camp del moviment i el seu pronòstic; (III) E. N. Lorenz (1996), que introdueix una nova noció i funció del caos en la recerca d'una certa impredecibilitat del comportament atmosfèric. El títol d'aquest article rememora la vida de J. M. Jansà, cronològicament paral·lela a la seqüència d'aquests esdeveniments.

Abstrat

The history of Meteorology throughout the present century is outlined on the basis of three main sequential events, depicted by three representative sentences original respectively of: (I) V. Bjerknes (1904) stating that the weather forecasting should be undertaken as a problem of Physics and Mechanics. (II) C.G. Rossby (1940) establishing unquestionably the foremost importance of vorticity in the field of motion and its prediction. (III) E.N. Lorenz (1996) introducing a new meaning and role of chaos in the research of a certain unpredictability of the atmospheric behaviour. The title of this paper reminds how the life of J. M^a. Jansà is chronologically parallel to the sequence of these events.

Recepció del manuscrit, desembre de 1996

A JOSEP M^a JANSÀ GUARDIOLA, a lo largo de cuya prolongada y fecunda vida ha sabido comentarnos y enseñarnos la evolución histórica espectacular de la Meteorología en el decurso del presente siglo, que ahora trato de representar telegráficamente a través de tres hitos de esa cronología paralela.

A continuación se hace referencia o exégesis de tres frases señeras que marcan el inicio, el centro y el final de este siglo XX.

I. «Das problem der Wettervorhersage betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik» (Vilhelm BJERKNES, 1904)

Así se titulaba un artículo publicado en la revista «Meteorologische Zeitschrift», páginas 1-7 del número correspondiente a enero de ese año y enviado en el 1903. No contiene referencias ni bibliografía. Pone los cimientos de la predicción del tiempo en base a la resolución de un sistema de siete ecuaciones con siete variables, a saber: tres componentes de la velocidad del viento, la presión atmosférica, la densidad, la temperatura y la humedad del aire. Pues, según él, los procesos de la atmósfera son de naturaleza mecánica y física. El sistema quedaba así definido por:

Tres ecuaciones hidrodinámicas de movimiento, que vinculan las componentes de la velocidad con la presión y la densidad. Una ecuación de continuidad que garantiza el principio de conservación de la masa en ese movimiento, relacionando estas componentes con la densidad. Una ecuación de estado entre la presión, la temperatura, la densidad y la humedad del aire. Dos principios de la termodinámica: el primero contemplando procesos con absorción o cesión de calor, o bien adiabáticos, y el segundo dando entrada a la entropía. Las cuatro primeras ecuaciones se formulan en derivadas parciales y contienen el tiempo «t» como variable independiente, alojando así una capacidad de pronóstico. La de estado es una ecuación finita (no diferencial, por tanto sin problema de integración pero tampoco de pronóstico). Las dos últimas son manipulables en términos de energías ligadas a variaciones de la temperatura, la presión y la densidad.

Lo curioso del caso es que el autor menciona y discute exhaustivamente las ecuaciones, aunque sin expresarlas analíticamente. (Probablemente debido a algún escrúpulo como catedrático de la Universidad de Oslo, donde las habría explicado hasta la saciedad). El trabajo tiene un exquisito sabor académico, rompiendo con la noción decimonónica de que la predicción del tiempo era materia de una ciencia natural, descriptiva. Su visión del futuro es impresionante, pues los modelos matemáticos de predicción descansan en la actualidad sobre las mismas premisas. Pero la simiente no cayó en terreno abonado. Respetuosamente en el olvido tuvo que esperar casi 20 años un intento de L.F. Richardson, fallido y honestamente explicado en la obra «Weather Forecasting by Numerical Process» (1922, Cambridge University Press). Lo que después Sir Graham Sutton (Director de la Met. Office) recordó como «Richardson's dream» no sirvió sino para afianzar la vieja tradición de predecir por métodos, en el fondo, subjetivos.

Siguen unos años de divorcio amistoso entre dos grupos que se apuntaron a lo que vino en llamarse «Meteorología Dinámica» y «Meteorología Sinóptica», respectivamente. La opinión generalizada les atribuía carácter de ciencia a la una y de tecnología a la otra, aunque no en balde la Sinóptica se nutría de leyes hidrodinámicas y termodinámicas aplicadas a su quehacer. La Dinámica, por su parte, mantuvo un desarrollo continuado sobre su línea, asimismo sin perder de vista la realidad natural, necesariamente compatible con la teoría. Desentrañar la complejidad del mundo por simplificación ha sido la vía perseverante del físico. La física del aire supuso un andar infatigable por ese camino. A la sazón parecía patente que los grandes movimientos atmosféricos, a escala sinóptica, utilizables en provecho de la predicción, eran prácticamente horizontales. La reducción era empíricamente plausible y, por supuesto, la observación instrumental en la tercera dimensión era comparativamente impracticable (pese a ciertas posturas para un «dreidimensional verknüpfende Wetteranalyse»). La Dinámica aportaba su versión poniendo en juego dos entes o atributos clásicos de los fluidos: la «divergencia» y la

«vorticidad». Su expresión analítica (bidimensional) revela ya una semejanza ortográfica que parecería darles pie de igualdad en su comportamiento simplemente cinemático

$$\text{Divergencia} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\text{Vorticidad} = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

donde:

- x es una coordenada sobre un paralelo geográfico, dirigida hacia el E.
- y es una coordenada sobre un meridiano geográfico dirigida hacia el N.
- u es una componente de la velocidad sobre el eje x.
- v es una componente de la velocidad sobre el eje y.

El esquema viene a indicar que en todo movimiento fluido organizado pueden presentarse macrotorbellinos y convergencias; pero ninguna Mecánica de fluidos avanzará prevalencias o predominios de una magnitud sobre la otra, a priori, sin conocerse propiedades del régimen. Ambas son lineales, de primer orden diferencial y visiblemente gemelas (en su forma, diríase, canónica). El hecho observado de que la vorticidad ciclónica solía ir acompañada de convergencia y la anticiclónica de divergencia invitó en un principio a explorar estos segundos campos, como sinónimos de mal tiempo y bonanza, respectivamente. Sin duda pudo haber una cierta confusión entre el significado de convergencia/divergencia de la velocidad con el de confluencia/difluencia de líneas de corriente. Lo cierto es que el aire fluye sobre una esfera en rotación, en un planeta geofísicamente privilegiado: la relación entre su velocidad angular y la energía térmica puesta en juego por la radiación solar, es tal que provoca un equilibrio entre la fuerza de inercia (Coriolis) y la engendrada por la presión. El resultado final es que el movimiento contenido en la primera sigue las isolíneas de la segunda, esto es, el aire se desplaza a lo largo de las isobaras, con velocidad que depende de la distancia entre éstas; lo que redunda, por ende, en mengua del campo de divergencia. Pero ésta sigue gozando sus encomios.

Se ha coronado una tercera parte del siglo. Universidades y servicios meteorológicos han aunado esfuerzos con provechoso fruto. Junto con los grandes logros, la conjunción y elucidación de los conceptos de divergencia y de vorticidad han cobrado máxima actualidad. Estamos en puertas de la segunda frase lapidaria del siglo.

II. «The factors determining the stationary or progressive character of the motion are to be found in the vorticity distribution»

(Carl Gustav ROSSBY, 1940)

La frase está contenida en un artículo denominado «Planetary flow patterns in the atmosphere», publicado en un suplemento del *Quarterly Journal* de la Royal Meteorological Society correspondiente a ese año (Volumen 66, páginas 68-87). La II Guerra Mundial, que acababa de empezar, dejó a todos con la palabra en la boca. Las investigaciones y progresos habidos en esos cinco años por parte de ambos contendientes fueron abundantes pero, a la sazón, desconocidos. La Meteorología pertenecía al secreto militar. Luego, ya en tiempos de paz, salieron a la luz. Fueron espectaculares los avances en la exploración o sondeo del aire superior (seguramente en asistencia de las fuerzas aéreas respectivas). Una consecuencia desconocida fue la introducción del análisis sobre superficies isobáricas en sustitución de las horizontales, lo que facilitaba la identificación de datos en altura a los distintos niveles de presión. Es curioso que la nota técnica circulada con carácter reservado, original de los oficiales de Meteorología Prof. R. C. Sutcliffe y O. Godart («Isobaric Analysis», Met. Office, Tech. Mem. n° 50, Londres 1942), llegó tardíamente a conocimiento de A. Eliassen, quien publicó un artículo titulado «The quasi-static equations of motion with pressure as independent variable» (*Geofys. Publik.* XVII, 1948), al final del cual incorpora una nota pidiendo disculpas por no haber advertido la existencia del trabajo anterior cuando éste se encontraba ya en imprenta. El cambio supuso la aceptación generalizada de la hipótesis hidrostática, sobre la cual descansaba la sustitución de la coordenada cartesiana vertical por la presión en altura (a manera de coordenada de Lagrange), pasando aquella a desempeñar el papel de variable física. Los mapas con curvas isobaras sobre superficies de nivel se convirtieron en otros con curvas de nivel sobre superficies isobáricas, con consecuencias más allá de este aparente juego de palabras. El incremento ingente de las observaciones aerológicas permitió el diseño de configuraciones a varios niveles (en número cada vez mayor), rellenándose con carácter discreto la tercera dimensión. Por primera vez la noción del comportamiento del aire en altura fue haciéndose familiar, lo que, junto al desarrollo espectacular del cálculo automático, invitó a pensar que el problema de la predicción daría entrada a métodos objetivos, reconduciendo diferencias entre la Dinámica y la Sinóptica.

Los primeros modelos matemáticos acusaron un efecto adverso de la presencia de ondas «espúrias» (cortas, gravitatorias, sonoras) que había que filtrar. Aparecieron ideas felices: las aproximaciones geostrofica e hidrostática ejercían ese cometido. Mas la aplicación indiscriminada de la primera a las ecuaciones generales de la hidrodinámica invalidaba su capacidad de pronóstico al cancelar términos que la poseían. Las miradas se dirigieron entonces hacia la ecuación de vorticidad, en cuya formulación desaparecen los términos de la presión (o del geopotencial) y permiten dosificar la condición geostrofica de filtrado. En el intento de simplificar al máximo el modelo se introdujo la noción «lato sensu» de barotropía, como condición de la atmósfera con campo único de movimiento a cualquier nivel. Llegamos así a la coronación del medio siglo con el primer experimento que abriría las puertas de la predicción dinámica: al equipo encabezado por J. G. Charney y R. Fjørtoft se agregó el famoso matemático J. von Neumann, publicándose el resultado en la revista sueca *Tellus*, volumen 2, 1950, bajo el título «Numerical integration of the barotropic vorticity equation». Un clamor general no tardó en proclamar una nueva «era» con la entrada de la predicción por la puerta grande del ámbito académico, de la mano de las ciencias exactas siguiendo la tradición del determinismo matemático. Tuvo también sus detractores, pues sus resultados, válidos únicamente al nivel de 500 hPa, eran comparables

a los obtenidos por los acostumbrados métodos convencionales. Con paso lento y seguro se fue avanzando, primero con la incorporación de dos niveles (700 y 300 hPa) a los que se adjudicó la ecuación de vorticidad, reservando el de 500 para otra ecuación procedente de otras fuentes (termo-hidrodinámicas), desprovista de la capacidad predictora por carecer de términos en derivadas con respecto al tiempo «t». Se distinguían así unas ecuaciones de «pronóstico» de otras de «diagnóstico», desempeñando estas últimas el importante papel de garantizar leyes físicas, vinculantes entre variables meteorológicas, que debían cumplirse para una estricta adaptación del modelo a la realidad que debía representar. Los avances en el terreno de la Dinámica habían de ir paralelos a los de la tecnología del cálculo, con ordenadores cada vez más sofisticados y rápidos. En pocos años se incrementó el número de niveles: el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio introdujo 19 en 1986 y 31 en 1991, y sustituyó el gran CRAY X-MP/48 por el aún más complejo y rápido CRAY Y-MP/864. De las modestas mallas iniciales, a cuyos vértices se adscribían los datos, se pasó a considerables mejoras en su densidad, a fin de superar en lo posible el error procedente de eliminar componentes de alta frecuencia contenidas en la ecuación exacta y no en la aproximada (error de truncamiento); en dicho Centro se pasó de una resolución T 106 a una T 213 (cifras representativas de los números de onda acumulados). Mas no se acababan ahí los problemas. La sustitución de las derivadas parciales por cocientes de incrementos finitos daba lugar a errores de discretización e inestabilidades (lineal, de cálculo), que provocaba amplificaciones indebidas, con independencia de la no lineal ocasionada por la aparición de frecuencias extrañas («aliasing»). Bastantes quebraderos de cabeza se evitaron con la introducción de métodos espectrales para la resolución de las ecuaciones; el reciente superordenador CRAY Y-MP/C90 suple la acumulación de operaciones en la mínima unidad de tiempo. En un momento dado también se decidió utilizar modelos con las ecuaciones generales de la hidrodinámica en vez de las de vorticidad; vino a ser como un resucitar la idea original de V. Bjerknes, sólo que su sistema había sido retocado a lo largo de esos tiempos. Estas ecuaciones vinieron a llamarse «primitivas» como indicación de su génesis. Estos modelos actualizados contienen: las 2 ecuaciones de movimiento (bidimensional), la 3a ha sido reemplazado por la condición hidrostática; la ecuación de continuidad, que en coordenadas no cartesianas (x,y,p,t) no contiene la densidad (variable física no incluida en la observación meteorológica); la ecuación estado; las ecuaciones derivadas de los principios I y II de la termodinámica, donde la entropía entra en la física del aire como proporcional al logaritmo de la temperatura potencial.

Mejoras de otra índole han sido: investigación de la capa límite planetaria en beneficio de la condición de contorno inferior; introducción de la orografía como singularidad perturbadora y ciclogénética; énfasis y tratamiento de fenómenos a subescala (no cubiertos por resolución en el modelo), dando lugar a parametrizaciones; entrada de factores disipativos y «forzamientos» de índole térmica o mecánica; incorporación del agua (ecuación de continuidad para el vapor, etc.); penetración lateral de influencias tropicales. La extensión de la superficie de pronóstico abarca el hemisferio y la validez, teórica de 10 días, resulta fiable para los 5 primeros. Los estudios pormenorizados de verificación de las predicciones dejan sin lugar a dudas la certeza de una dependencia con respecto a las condiciones iniciales; los datos de observación no entran así directamente en el cálculo sino una vez sometidos a un proceso denominado «inicialización». Pero este «último» (en todos sentidos) problema parece no tener solución; esto es, ¿no es posible acertar el punto exacto de partida que nos lleve, por vía matemático-determinista, al acierto en el pronóstico?. ¿Existe una «impredecibilidad» inherente en la atmósfera?. Es llegado el momento de la tercera reflexión.

III. «Sensitive dependence on initial conditions in non-linear dynamical systems is responsible for an apparent randomness. Chaos means something that looks random but it is not. The Earth's atmosphere, plus its surroundings, is chaotic».

(Edward N. LORENZ, 1996)

Nos hallamos ante una nueva doctrina de la Dinámica del aire o ante una nueva doctrina de la Dinámica del caos, o ambas cosas?. La noción de caos es imprecisa; los diccionarios suelen hacer referencia al caos bíblico, del «Génesis», como idea acompañante del desorden. En la creación el Demiurgo puso orden en las cosas, pero tratándose de un acto inicial se suscita la confusión ante unas cosas que aun no han sido creadas. En cuanto al azar, resultaba tranquilizante disponer de una olla o cajón de sastrería donde meter todo aquello que escapa a toda ley. En este sentido cabría distinguir un azar «epistemológico», consecuencia de nuestra ignorancia o desconocimiento ante un mundo natural indiscernible, de un azar «ontológico», como un derecho que posee ese mundo natural a ser intrínsecamente interrogado (J. Wagensberg, «Metatemáticas» 9, 1985). Cabría también aplicar esta distinción al concepto de caos. De la misma manera que hay una personificación del caos (en ciertas definiciones, en la Mitología griega, etc.), sería concebible una personificación del azar (en este caso ontológico); etimológicamente, tanto en árabe («az-zahr») como en latín («alea»), el término se refiere al juego de los dados, como algo que escapa al control humano. Lorenz introduce novedades conceptuales y terminológicas (la palabra «atractor» bautiza un fenómeno descubierto por él, hoy incorporado al vocabulario moderno. Cuando ataca el problema de la predicción, enfocando un margen no predecible, lanza la idea de un caos, hasta entonces sinónimo de desorden, pudiendo acercarse hacia un tipo de orden sin periodicidad. Para muchos no estaba claro si se trataba de reconocer cierto orden remoto en el desorden (como si una parte del azar epistemológico fuera desentrañable) o, por el contrario, si el orden aparente acabara por desordenarse, como si el caos fuera ubicuo, inmanente al determinismo (sin presencia aparente, recóndito y como larvado en todo sistema determinista). Y así, el azar ontológico ¿permanecerá para siempre intocable, en Derecho de la Naturaleza a no ser nunca totalmente descubierta?. El tránsito de lo sencillo a lo complejo, de lo regular a lo irregular, se enfoca sobre la noción de «espacio de estado». Atañe a los sistemas dinámicos, entendiendo por éstos los sistemas cuya evolución, a partir de un estado inicial conocido, puede describirse por un conjunto de reglas, expresables en forma de ecuaciones. Un espacio de estado, muy sencillo, para representar esa evolución, se compondría de dos coordenadas: posición y velocidad. La trayectoria puede converger hacia un punto fijo, que será su atractor; o hacia una curva cerrada, si el movimiento es periódico. Los atractores pueden ser, así, superficies o volúmenes conocidos en espacios de estado con más coordenadas. Si la evolución de un sistema no es sensible a las condiciones iniciales, esto es, si dos puntos próximos inicialmente siguen estándolo posteriormente, el atractor es normal, canónico (well-behaved) y suele corresponder a casos cuya evolución es pronosticable. Matemáticamente se caracterizan por tener dimensión entera, igual a la dimensión topológica en el espacio de estado. Por el contrario, pueden darse movimientos no periódicos originarios de sistemas dinámicos sencillos, cuya trayectoria en el espacio de estado no sería repetitiva ni se cortarían a sí mismas (nunca seguiría un camino ya recorrido). Esa trayectoria tendrá longitud infinita, pero confinada a un área finita en el espacio de estado. Esto puede ocurrir si el atractor no es un conjunto topológico sino «fractal». El

primer sistema de esta condición fue dado a conocer por Lorenz en 1963 («Deterministic nonperiodic flow», *Journal Atmospheric Sciences* 20, pags. 130-141). Su sencillez matemática (tres ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, lineales) no haría sospechar la complejidad de su trayectoria en el espacio de estado; aunque determinista no es periódica estrictamente. El atractor no pertenece a la familia de aquellos arriba descritos sino que se compone de capas infinitamente anidadas, resultantes de unos rizos o lazos irregulares aunque aparenta cierta regularidad; capas que cubren un área infinita pero que ocupan una volumen nulo. Su tratamiento conduce a buscar referencias en otras dimensiones (por ej. la de Hausdorff-Besicovitch); así para conjuntos topológicos la dimensión de H-B es un entero (0 para puntos, 1 para curvas, 2 para superficies, etc.), mas para conjuntos fractales la dimensión ya no será un entero sino un cierto número real (el «polvillo» del conjunto de Cantor tiene dimensión fractal H-B estimada en 0,63). Sobre esta línea de raciocinio se llega a la noción de sistemas dinámicos caóticos cuyos atractores reciben el nombre de «extraños», calificativo dado a conocer por Ruelle y Takens en 1981 («Dynamical systems and turbulence. Lecture notes in Mathematics» 898. New York, Springer), bien es verdad que Chirikov e Izrailev vienen a decir que «un atractor extraño sólo parece extraño a los extraños», pues esos infinitos complejos son precisamente lo que cualquiera podía esperar («Degeneration of turbulence in simple systems». *Physica D* 2, pgs. 30-37).

La predecibilidad/impredecibilidad del sistema atmosférico ha sido exhaustivamente tratada no sólo por Lorenz («The growth of errors in prediction» en *Predictability in Geophysical Fluid Dynamics and Climate Dynamics*. Academic Press, 1985. «Dimension of weather and climate attractors», *Nature* 353, pgs. 241-244, 1991, «The essence of Chaos». University of Washington Press, 1993), sino por una multitud de Meteorólogos y Físicos, así como por Matemáticos que tardíamente (los trabajos se habían recludo en revistas de Física del Aire) advirtieron la trascendencia de los resultados, produciendo una respuesta masiva que hoy supera las 7.000 entradas en el compendio «Bibliography on Chaos» (Zhang-Shu-Yu, World Scientific, Singapur, 1991), sobre trabajos que trascienden el tema inicial para difundirse universalmente. Se abre en un momento histórico de euforia en la problemática de la predicción/previsión en otras ciencias: económicas, sociológicas, políticas, etc. a la búsqueda de soluciones no precisamente periódicas, como manifestaciones de fenómenos que parecerían repetirse. La teoría del caos ha abierto nuevos horizontes y en algunos ambientes científicos (Tsonis, Elsner y otros) la consideran como el descubrimiento más importante del siglo XX después de la Relatividad y de la Mecánica Cuántica. Su impacto habrá de sentirse destacadamente en nuestro campo de las ciencias atmosféricas. A fin de cuentas ese caos fue descubierto esencialmente por un Meteorólogo.

**L'estudi de la
tramuntana:
de J. M. Jansà al
PYREX**

Joan Campins Pons
*Centre Meteorològic a
les Illes Balears*

Territoris (1998), 1:
111-122

L'estudi de la tramuntana: de J. M. Jansà al PYREX

Joan Campins Pons

Centre Meteorològic a les Illes Balears

Resum

La tramuntana és el vent dominant a Menorca i un dels més importants de la Mediterrània occidental. També és el responsable de la majoria dels temporals d'aquesta zona. J. M. Jansà va ésser un dels primers meteoròlegs que es va dedicar a estudiar aquest vent. Entre les seves contribucions cal destacar la climatologia del vent en altura i un minuciós estudi sobre la tramuntana a l'illa de Menorca. En aquest article es repassen la contribució de J. M. Jansà al coneixement de la tramuntana, així com els recents resultats que sobre aquest vent s'han obtingut de l'experiment PYREX.

Abstrat

The Tramuntana is the strongest and most frequent wind of the Western Mediterranean, responsible for the greater part of gales in that area. J. M. Jansà was one of the pioneers of the study of the Tramuntana. Among his contributions, it can be distinguished the Climatology of the wind in the vertical and a precise study of the Tramuntana, both at Minorca Island. In this paper the contribution of J. M. Jansà to the knowledge of the Tramuntana wind is reviewed as well as the more recent results derived from PYREX Experiment.

Recepció del manuscrit, desembre de 1996

Introducció

Els primers estudis sobre la tramuntana es remunten als anys trenta. Entre aquests s'ha de fer especial esment de l'estudi sobre l'extensió del sistema de vents mestral-tramuntana a la Mediterrània occidental (Mengel, 1934), l'estudi de la tramuntana empordanesa (Fontserè, 1950) i l'estudi de la tramuntana a l'illa de Menorca (Jansà, 1933). Aquest darrer treball, del qual ens ocuparem a continuació, es tracta d'un acurat estudi quantitatiu sobre aquest vent.

Des de llavors, el coneixement de la tramuntana ha anat augmentant amb el temps. Entre els resultats més interessants, cal destacar la climatologia dels vents a Menorca (Jansà, 1976 i 1979), dels quals la tramuntana és el més important, l'observació de la línia de cisallament que separa la tramuntana al mar balear d'una zona arrecerada que segueix més o menys el meridià 3° E (Reiter, 1975 i Jansà, 1987), i la, ja des d'un punt de vista més global, teoria de la generació dels vents locals per la interacció del flux atmosfèric amb l'orografia. En aquest sentit, l'any 1987 es realitza un experiment anomenat ALPEX

(ALPine EXperiment) sobre la interacció del flux atmosfèric amb els Alps. Posteriorment, el 1990 es va dur a terme la fase de camp d'un experiment semblant, aquesta vegada amb els Pirineus com a obstacle: el PYREX (PYRenees EXperiment). Fruit d'aquest darrer experiment, s'obtingué una extensa base de dades sobre diferents episodis de la tramuntana, la qual ha permès nombroses publicacions sobre el seu origen i la seva estructura (Bougeault et al., 1993 i Campins et al., 1995).

En el present article es posarà de manifest la importància de les primeres contribucions al coneixement de la tramuntana fetes per J. M. Jansà. D'altra banda, i com a fruit de l'experiment PYREX, es mostraran alguns dels darrers estudis realitzats sobre la tramuntana.

Primers estudis de la tramuntana: la contribució de J. M. Jansà

Com ja s'ha comentat, la contribució a l'estudi de la tramuntana de J. M. Jansà va ésser notable. Entre els treballs cal esmentar la *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca* (Jansà, 1933) i les *Notas para una Climatología de Menorca (Islas Baleares). Vientos en altura* (Jansà, 1943). En aquest apartat, repassarem els resultats més interessants.

En el seu estudi, J. M. Jansà va definir la tramuntana com un vent fort del N, fred i sec, que es pot presentar en totes les èpoques de l'any, que es manté uns dies seguits i que, provinent de la vall del Roine (mestral) i de l'Empordà (tramuntana), pot arribar fins a les costes d'Algèria, i assolir la màxima intensitat al golf de Lleó i al mar balear, al nord de Menorca.

Va dedicar una part de l'estudi a determinar les freqüències mensuals, la durada, la distribució horària i la intensitat de la tramuntana sobre la superfície de l'illa de Menorca. En aquest darrer aspecte és interessant destacar que l'autor va classificar la tramuntana en tres grups: fluixa (menys de 5 ms^{-1}), moderada (entre 5 i 10 ms^{-1}) i forta (més de 10 ms^{-1}). Observant la distribució anual dels dies de tramuntana moderada i forta, va veure que ambdues tenen distribucions oposades i, per tant, amb orígens diferents.

En un altre apartat de l'estudi va relacionar diferents variables meteorològiques amb el vent. Per exemple, la temperatura, la humitat, la pluja i, sobretot, la pressió. En aquest sentit va apuntar que la tramuntana es presenta amb la pressió pujant. Però, més important que l'estudi de la pressió des d'un punt de vista local, és la configuració de la pressió des d'un punt de vista sinòptic, i va donar diferents tipus sinòptics que produeixen tramuntana a Menorca. També va destacar que, en les tramuntanes fortes, el gradient de pressió no pot explicar tot el vent que s'observa. Això ens indica que l'origen de la tramuntana s'ha de cercar en la distribució de la pressió, però lluny de Menorca. Com veurem més endavant, és precisament la distribució de pressió que apareix al voltant dels Pirineus per la interacció orogràfica, la responsable del màxim de vent de la tramuntana al golf de Lleó, i que llavors el vent es mantingui pràcticament per inèrcia, si bé un gradient de pressió favorable al voltant de les Balears pot augmentar-ne la intensitat.

Dels diferents tipus sinòptics, cal destacar:

— Tipus A: gran anticicló sobre l'Atlàntic i baixes pressions sobre la Tirrena. El gradient de pressió és dèbil. Dóna lloc a una situació estable, amb tramuntanes de llarga durada i generalment poc intenses. Pot presentar-se totes les èpoques de l'any, però fonamentalment al gener i a l'entrada de l'estiu.

— Tipus B: fort anticicló sobre Rússia i l'Atlàntic. Baixes pressions sobre Islàndia i les illes Britàniques i al Mediterrani. Si el cicló a l'Adriàtic és intens, la tramuntana pot ésser forta a Menorca i amb mal temps.

— Tipus C: gran cicló al nord d'Europa i un de secundari al golf de Gènova amb altes pressions a l'oest de Portugal. En aquest cas la tramuntana està totalment supeditada al cicló del Mediterrani. Aquesta situació sol anar acompanyada de ruixats i tempestes, amb tramuntana forta. Sol ésser la responsable dels temporals de desembre.

— Tipus D: anticicló en forma de rombe sobre l'Europa central, envoltat de quatre ciclons, un a cada quadrant. El gradient sol ésser flux i la tramuntana dèbil. Normalment es dona a l'estiu.

— Tipus E: altes pressions molt extenses des d'Escandinàvia fins al Mediterrani. El gradient i la tramuntana són moderats.

Dins el mateix treball, va dedicar un apartat a l'estudi de l'estructura vertical de la tramuntana. Ho va fer mitjançant l'anàlisi del vent obtingut amb els globus Pilot en situacions de tramuntana. Els resultats van determinar que la tramuntana és un vent de poca gruixa, fins a uns 1.000 metres d'alçada. Aquest resultat, com ja veurem, s'ha confirmat amb les recents observacions de l'estructura vertical de la tramuntana obtingudes de l'experiment PYREX. Posteriorment, J. M. Jansà va realitzar una climatologia del vent en altura en la qual es va mostrar que, en els nivells més baixos (fins a 1.000 metres), el vent dominat és del nord, i per damunt hi predomina el vent del nord-oest (figura 1).

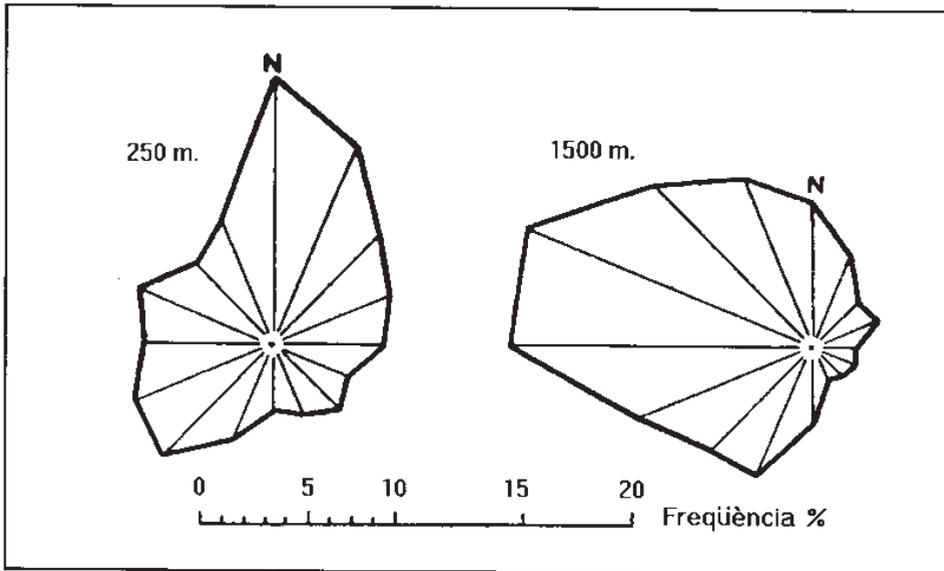


Figura 1: Roses dels vents a 250 i 1.500 metres. Mitjana anual (Jansà, 1943).

Últims estudis de la tramuntana: l'experiment PYREX

L'experiment PYREX es dugué a terme els mesos d'octubre i novembre de 1990. L'objectiu general era estudiar la interacció orogràfica del flux atmosfèric amb els Pirineus. Entre els subobjectius es trobava estudiar els vents locals generats per aquesta interacció i, entre aquests, la tramuntana. Durant els dos mesos que va durar la campanya es realitzaren observacions intenses dels diferents aspectes estudiats. Cal destacar les observacions rutinàries en superfície en un gran nombre d'estacions meteorològiques de França i Espanya, el llançament de radiosondejos cada sis hores a les diferents estacions d'ambdós països, el llançament de globus de nivell constant que volaren dins la tramuntana, la recollida de dades dins la tramuntana mitjançant el vol a diferents nivells d'un avió especial i la mesura del fregament del flux que supera la carena pirinenca (*drag*) mitjançant una línia d'estacions automàtiques situades transversalment en el centre dels Pirineus.

Observacions PYREX

Amb l'anàlisi de les dades PYREX es pogueren confirmar diferents aspectes de la tramuntana, alguns de ja coneguts, i d'altres de nous. Ressenyem-ne els més importants:

— Observació del màxim de vent al golf de Lleó

De l'anàlisi de les dades dels globus a nivell constant i dels avions que volaren dins la tramuntana, s'observà el màxim de vent, que es troba al golf de Lleó, a uns 100 km de la costa francesa. Els valors màxims observats foren entre 50 i 60 kt (figura 2).

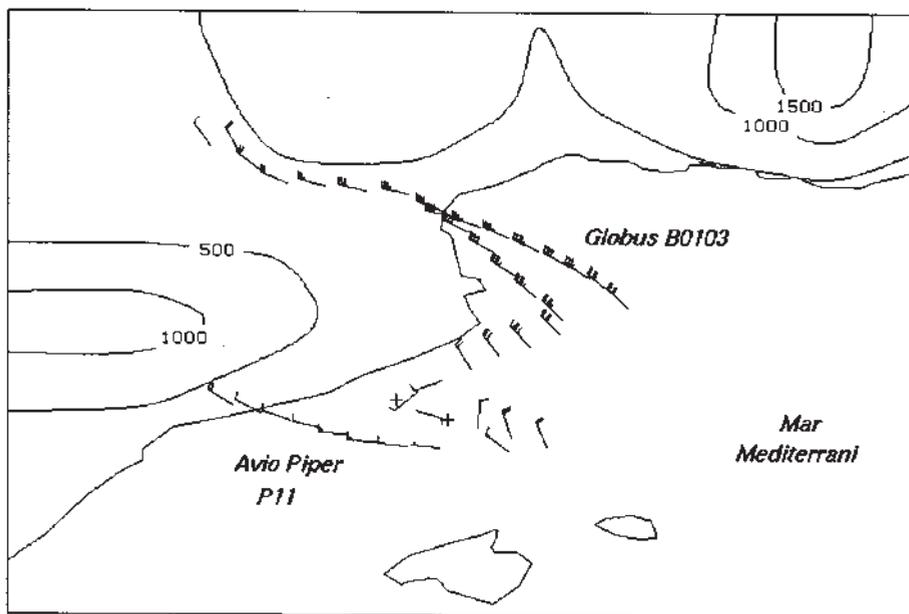


Figura 2: Vent (kt) del globus B0103 i del vol de l'avió Piper 11. Nivell de pressió de 960 hPa. POI 1, 5 d'octubre de 1990.

— Observació de la línia de cisallament

De la climatologia es pot derivar l'existència d'una zona de separació entre la tramuntana i una zona arrecerada situada entre la costa catalana i les Balears. Els avions de la Navy van observar per primera vegada aquesta línia (Reiter, 1975). També és interessant l'observació realitzada, d'una manera qualitativa, amb una imatge de satèl·lit (Jansà, 1987). Aquesta separació en realitat és molt abrupta, tal com demostra l'anàlisi de les mesures de vent que realitzaren els avions. Es mesuraren vents de 40-50 kt al costat de la tramuntana i vents de 5-10 kt a la zona arrecerada, ambdues zones, separades tan sols per 10 quilòmetres (figura 2).

Aquesta línia de cisallament no està situada sempre en el mateix lloc, i en pot canviar la posició durant el mateix episodi de tramuntana. Durant el PYREX se'n van observar dues orientacions diferents: NW-SE i NNE-SSE, que, com veurem a continuació, estan relacionades amb l'extensió del vent dins el Mediterrani.

— Extensió del vent al Mediterrani

Com ja hem comentat, el vent arranca al SE de França, i arriba al màxim al golf de Lleó. Aquest vent accelerat de vegades no arriba a Menorca i d'altres sí, i quan ho fa pot ésser fins i tot fort. Els primers casos corresponen a situacions en les quals la direcció al golf de Lleó és del NW, i les segones del N. Aquests tipus de tramuntana tenen una bona correspondència amb la posició de la línia de cisallament: l'orientació NW-SE es correspon a la situació del NW, i l'orientació NNE-SSW a la del N. Així, podem dir que, durant el PYREX, es van observar dos tipus diferents de tramuntana (figura 3):

- i) Del NW, que no arriba a Menorca, i amb línia de cisallament en la direcció NW-SE.
- ii) Del N, que arriba a Menorca, i amb línia de cisallament en la direcció NNE-SSW.

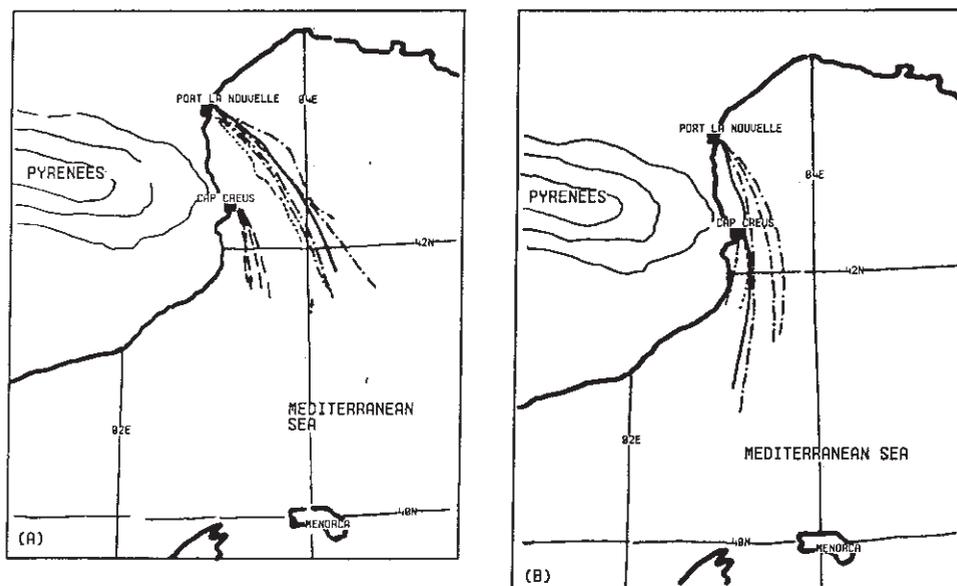


Figura 3: Trajectòries dels globus de nivell constant. (A) tipus 1, (B) tipus 2. A (A), la línia contínua correspon al POI 1, la discontinúua amb línies al POI 6, la discontinúua amb punts al POI 9 (dies 14 i 16 de novembre) i la línia de punts al POI 10 (30 de novembre). A (B) la línia contínua correspon al POI 10 (29 de novembre), la discontinúua de punts al POI 9 (16 de novembre) i la línia de punts al POI 8 (Campins et al., 1995).

— Estructura vertical

L'estructura vertical de la tramuntana s'estudià mitjançant l'anàlisi de sondejos realitzats en diferents punts, entre aquests, un sobre el mar, amb la tramuntana ben desenvolupada. De l'anàlisi de la temperatura, es va comprovar que la tramuntana és una entrada freda als nivells baixos, separada per una capa d'inversió situada entre els 1.200 i 1.500 metres. L'estudi del vent va mostrar una estructura ja estudiada per J. M. Jansà: la tramuntana és un vent de poca gruixa —es troba en una capa de 1.000-1.500 metres—, amb el màxim entre els 500-1.000 metres.

La tramuntana com a efecte orogràfic

Per resoldre el perquè d'algunes de les observacions esmentades, es va realitzar, d'una banda, una anàlisi de la relació entre l'estructura de pressió i el vent durant el PYREX, i de l'altra, un estudi dinàmic dels dos casos més intensos de tramuntana observats durant el PYREX.

— Relació entre el *drag* de pressió i el vent

Un dels efectes de la interacció del flux atmosfèric amb una cadena muntanyenca és la formació d'una estructura bipolar de pressió, amb alta pressió a la cara de sobrent i baixa pressió a la cara de sotavent (Bessemoulin et al., 1993). La intensitat de la interacció orogràfica es pot mesurar en termes de la diferència de pressió entre els dos costats de la muntanya, l'anomenat *drag* de pressió. El *drag* de pressió i el vent en superfície estan ben

correlacionats pels observatoris propers a la carena muntanyenca (Perpinyà, per exemple) i poc correlacionats amb els més allunyats (com Maó). També s'observa una bona correlació entre els màxims de vent obtinguts amb els globus a nivell constant i el *drag* mitjà. Aquests resultats reforcen la idea que la interacció orogràfica està lligada amb la intensitat de la tramuntana a la zona de vent, i que és una condició necessària, però no suficient, perquè el vent sigui fort a Menorca.

— Diagnòstic dinàmic

Per aclarir la relació entre l'estructura de pressió generada per la interacció orogràfica i el flux atmosfèric, i per saber perquè en alguns casos el vent arriba a Menorca i en altres no, es van realitzar una sèrie de simulacions amb dues versions del model numèric LAM de l'INM (0,91° i 0,455° latitud/longitud). Ambdues versions tan sols es diferencien en la resolució. La versió de major resolució, que té una representació dels Pirineus molt més acurada que la de menor resolució, dona millors resultats que la de baixa resolució (García-Moya et al., 1992), la qual cosa també confirma l'origen orogràfic de la tramuntana. Les simulacions realitzades amb la baixa resolució van donar una descripció de la tramuntana molt pobre, amb màxims de vent de 25-35 kt (es van observar 55-60 kt) i molt desplaçats cap al sud (figura 4 (a)). Aquesta versió no va presentar línia de cisallament. En canvi les simulacions amb alta resolució (figura 4 (b)) van donar molt millors resultats (amb màxims de vent de 45 km), més ben situats, i una marcada línia de cisallament.

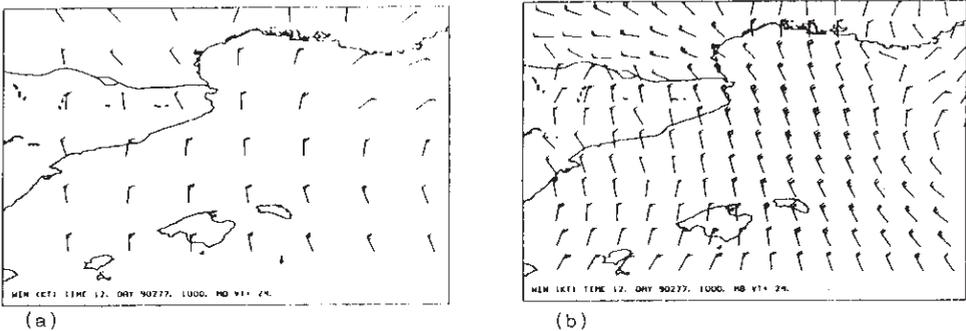


Figura 4: Vent (WIN) per la simulació del dia 5 d'octubre a les 12 UTC amb les versions de 0,91° (a) i 0,455° (b). Unitats en kt.

Amb aquestes simulacions es va realitzar un diagnòstic dinàmic dels diferents termes de l'equació del moviment horitzontal, suposant estacionarietat. De l'equació de moviment horitzontal es deriva que les contribucions a l'acceleració del vent es deuen a la contribució del gradient de pressió, a la força de Coriolis i a altres termes entre els quals destaca el fregament.

Acceleració del vent = gradient de pressió + Coriolis + fregament

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\nabla_h \Phi - f \vec{k} \times \vec{v} + \vec{R}$$

Es van calcular la component tangencial (que provoca el canvi en el mòdul de la velocitat) i la normal (responsable del canvi de la direcció del vent).

Component tangencial:

Acceleració tangencial = projecció sobre el vent del gradient de pressió + projecció sobre el vent del fregament

$$PAV = PPV + PRV$$

Component normal:

Acceleració normal = projecció sobre la normal al vent del gradient de pressió + projecció sobre la normal del fregament + Coriolis

$$PAN = PPN + PRN + C$$

La versió de baixa resolució va donar un màxim d'acceleració tangencial al golf de Lleó (responsable del màxim de vent), però el seu valor va ésser aproximadament de la meitat de l'observat i es trobava bastant desplaçat corrent avall (figura 5 (a)). En canvi la versió de major resolució (figura 5 (b)) va donar un valor màxim semblant a l'observat, una mica més al nord que la simulació de baixa resolució, si bé encara un poc desplaçat corrent avall respecte a l'observat. Pel que fa a l'acceleració tangencial deguda al gradient de pressió, la versió de baixa resolució (figura 6 (a)) va donar un màxim lligat al gradient de pressió observat a l'extrem oriental dels Pirineus, just a la sortida del golf de Lleó. La versió de major resolució (figura 6 (b)) va presentar la mateixa estructura, però més intensa. Aquesta acceleració deguda al gradient de pressió en les dues versions es va compensar en part amb el fregament. Ambdues simulacions van donar valors intensos sobre terra i dèbils sobre el mar. És important remarcar que en el cas en el qual el vent va arribar a Menorca, es va observar un màxim secundari situat al voltant de les illes. Aquest segon màxim suposa que el vent es mantingui i pugui arribar amb intensitat fins a aquesta zona.

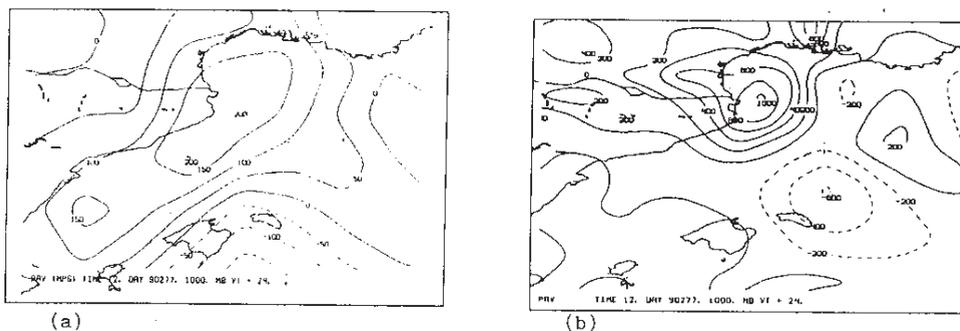


Figura 5: Acceleració tangencial total (PAV) per la simulació del dia 5 d'octubre a les 12 UTC amb les versions de 0,91° (a) i 0,455° (b). Unitats en 10^{-6} ms^{-1} (Campins et al, 1995).

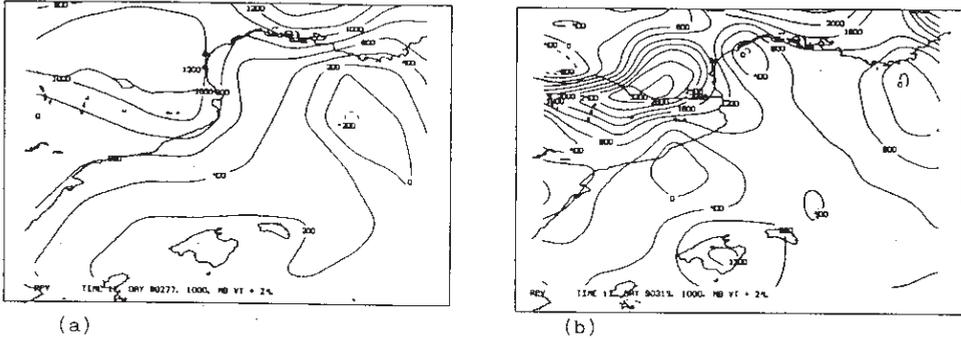


Figura 6: Acceleració tangencial del gradient de pressió (PPV) per la simulació del dia 5 d'octubre a les 12 UTC amb les versions de $0,91^\circ$ (a) i $0,455^\circ$ (b). Unitats en 10^{-6} ms^{-1} (Campins et al, 1995).

Pel que fa als components normals, és a dir, els responsables dels girs (amb valors positius per a girs ciclònics i negatius per als anticiclònics), es va observar que a la zona de la tramuntana dominava l'efecte de curvatura de la força de Coriolis (amb gir anticiclònic) sobre el del gradient de pressió (gir ciclònic). Els valors obtinguts es van apropar més als observats amb la simulació d'alta resolució que als observats amb la de baixa resolució, si bé sempre lluny dels observats (figures 7(a) i 7(b)).

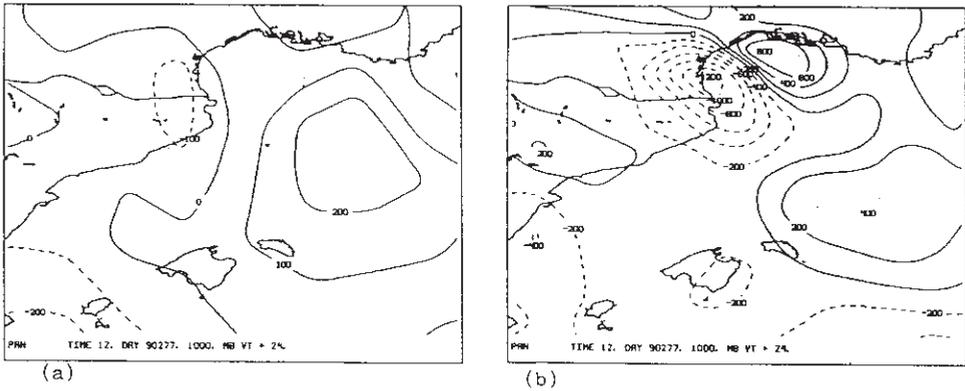


Figura 7: Acceleració normal total (PAN) per la simulació del dia 5 d'octubre a les 12 UTC amb les versions de $0,91^\circ$ (a) i $0,455^\circ$ (b). Unitats en 10^{-6} ms^{-1} (Campins et al, 1995).

Conclusió

En aquest article s'ha repassat la valuosa contribució feta per J. M. Jansà a l'estudi de la tramuntana. Des dels seus primerencs estudis s'ha avançat en el coneixement d'aquest vent, sobretot els darrers anys i gràcies a l'experiment PYREX. En aquest sentit, s'han presentat, d'una banda, observacions realitzades de diferents aspectes que caracteritzen la tramuntana i, de l'altra, un estudi dinàmic sobre aquest vent. De la intercomparació dels resultats obtinguts amb dues versions del model numèric LAM-INM i amb les dades observades, es va concloure el següent model conceptual de tramuntana en el cas estacionari:

La tramuntana és un vent accelerat i llavors desaccelerat. L'acceleració és deguda al gradient de pressió, fruit de la interacció del corrent d'aire amb els Pirineus. Una vegada l'acceleració ha cessat, el flux de vent es mou Mediterrani endins per inèrcia, i va perdent força pel fregament amb la mar. Si troba, en el seu camí, un gradient de pressió favorable, pot arribar lluny dels Pirineus.

Referències

- Bessemoulin, P.; Bougeault, P.; Genovés, A.; Jansà, A.; Puech, D. (1993). «Mountain pressure drag during PYREX». *Beitr. Phys. Atmosph.*, 66, 305-325.
- Bougeault, P.; Jansà, A.; Attie, J. L.; Beau, I.; Benech, B.; Benoit, R.; Bessemoulin, P.; Caccia, J. L.; Campins, J.; Carissimo, B.; Champeaux, J. L.; Crochet, M.; Druilhet, A.; Durand, P.; Elkhalfi, A.; Flamant, P.; Genovés, A.; Georgelin, M.; Hoinka, K. P.; Klaus, V.; Koffi, E.; Kotroni, V.; Mazaudier, C.; Pelon, J.; Petitdidier, M.; Pointin, Y.; Puech, D.; Richard, E.; Satomura, T.; Stein, J.; Tannhauser, D. (1993). «The atmospheric momentum budget over a major mountain range: first results of the PYREX field program». *Ann. Geophysicae*, 11, 395-418.
- Campins, J.; Jansà, A.; Benech, B.; Koffi, E.; Bessemoulin, P. (1995). «PYREX Observation and Model Diagnosis of the Tramontane Wind». *Meteorol. Atmos. Phys.*, 56, 209-228.
- Fontserè, E. (1950). *La Tramuntana Empordanesa i el Mestral de Sant Jordi*. Institució Patxot, Ginebra.
- García-Moya, J. A.; Albarrán, B.; Rodríguez, E. (1992). *Experimentos numéricos sobre situaciones PYREX usando diferentes versiones del LAM*. Nota tècnica núm. 21. Servicio de Predicción Numérica. Madrid.
- Jansà, A. (1976). *Análisis del viento en Menorca*. Sèrie A, 64. SMN. Madrid.
- (1979). «Climatología de Menorca». *Enciclopèdia de Menorca*. OCB. Maó.
- (1987). «Distribution of the Mistral. A satellite observation». *Meteorol. Atmos. Phys.*, 36, 201-214.
- Jansà, J. M. (1933). *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*. Sèrie A, 3. SMN. Madrid.
- (1943). *Notas para una Climatología de Menorca (Islas Baleares). Vientos en altura*. Sèrie A, 12. SMN. Madrid.
- Mengel, M. O. (1934). «Extension du Mistral en Méditerranée». *La Météorologie*, 482-485.
- Reiter, E. (1975). *Handbook for forecasters in the Mediterranean; Weather phenomena of the Mediterranean basin*. Naval Environmental Prediction Research Facility Master, Tech. Pap. 5/75.

**La
deshumanización
de la meteorología
operativa**

Inocencio Font Tullot
*Ex-director del Servicio
Meteorológico Nacional*

Territoris (1998), 1:
123-135

La deshumanización de la meteorología operativa

Inocencio Font Tullot

Ex-director del Servicio Meteorológico Nacional

Resumen

Los desarrollos tecnológicos de los últimos 30 años han revolucionado ostensiblemente la meteorología operativa. Los métodos de predicción han cambiado desde el empleo de técnicas manuales y empíricas a los modelos numéricos, cuyo desarrollo constituye el gran salto hacia adelante tanto en la predicción como en la investigación. Pero, estos avances también han traído consigo un notable retroceso en el aspecto humano de la relación entre el servicio meteorológico y el público, lo cual se hace particularmente evidente en la televisión donde, frecuentemente, se deja sentir la ausencia del meteorólogo experimentado y compenetrado con la naturaleza, quien, a pesar de la utilidad de la máquina, sigue siendo hoy día el elemento primordial en la predicción del tiempo.

Abstract

The technological developments during the last 30 years have brought a revolution in the practice of meteorology. The forecasting methods have change from the use of manual and empirical techniques to numerical models. Their development constitutes the big leap forward both for forecasting and for research. However, on the other hand, this change has also brought the weakening of the human contact between the meteorological services and the public. This is particularly evident in television, where quite often the presence of the experienced forecaster is missing, when despite the usefulness of the machine, the human judgement is still the most important element in weather forecasting.

Recepción del manuscrito, diciembre de 1996

La «revolución tecnológica» que ha supuesto para los servicios meteorológicos la introducción de nuevos sistemas de observación mediante sensores remotos, particularmente desde satélites, y la utilización de ordenadores cada vez más potentes para la recogida, tratamiento y distribución de datos, así como para la modelación numérica, ha cambiado radicalmente la fisonomía de tales servicios hasta el punto de haberse hecho irreconocible respecto a la que tenían apenas hace 30 años. Y no se trata sólo de cambios estructurales, orgánico-administrativos, sino que afectan también, y esto es lo más preocupante, a la propia mentalidad profesional del personal, donde se nota una creciente dejadez de responsabilidades del hombre ante la máquina, a la que va unido una aparente disparidad de atenciones entre las prestadas a la observación y a la modelación numérica, de la que suele beneficiarse la segunda.

Si bien es cierto que con la llegada de la nueva tecnología, inevitablemente muchas funciones antes realizadas por el hombre lo son ahora por la máquina, ello no significa que las funciones del hombre hayan perdido importancia; simplemente son distintas. Aunque el

empleo de modelos numéricos haya convertido en realidad lo que hace 50 años parecía un sueño, la predicción objetiva del tiempo, la realidad es que dichos modelos se limitan a facilitar los elementos esenciales de la predicción, correspondiéndole al hombre perfeccionarlos, o corregirlos cuando sea necesario, basándose sobre todo en su experiencia, para interpretarlos luego en términos del tiempo atmosférico real, sin ambigüedades y de forma fácilmente asequible al público en general.

Por mucho que, a medida que vaya mejorando la técnica de la modelación numérica, podamos disponer de productos del ordenador más perfectos, no por ello la función del predictor se verá aliviada de sus responsabilidades, siendo lo más probable que ocurra lo contrario ante la demanda creciente por parte de la sociedad de predicciones mejores y a más largo plazo, lo que sería ilusorio pensar que pudiera conseguirse satisfactoriamente de contar sólo con dichos productos, sobre todo si tenemos en cuenta el papel determinante del factor caótico en el propio comportamiento de la circulación atmosférica que, como ha demostrado Lorenz (1993), limita inexorablemente el alcance y precisión de la predicción del tiempo. Esta realidad confiere un mayor protagonismo a la función del predictor, sobre todo cuando gracias a su experiencia y condición de buen observador de los fenómenos atmosféricos, está dotado de una auténtica mentalidad meteorológica que, a modo de un sexto sentido, le mantenga compenetrado con la Naturaleza, de forma mucho más íntima y constante de lo que pudiera esperarse de una mentalidad exclusivamente funcional.

Lamentablemente, en esta sociedad de consumo en que nos ha tocado vivir —en la que todo se compra, todo se vende, incluida buena parte de la información meteorológica— no se dan precisamente las condiciones propicias para que en las nuevas generaciones de meteorólogos prevalezca dicha mentalidad y pueda adquirirse la experiencia profesional de cuyo valor tanto se habla hoy día pero que cada vez es más escasa. Aunque, nadie dude que el predictor de ahora ponga lo mejor de sí mismo, cuando está de servicio, para asegurar la honestidad de la predicción, ello no evita que cuando, por dictado del reloj, deja el servicio, esta atención puede quedar interrumpida durante cierto plazo, que de ser demasiado largo dificultará el que pueda mantener en su mente la evolución del estado general de la circulación atmosférica y de su efecto en el tiempo del área de predicción encomendada, lo cual constituye una circunstancia muy negativa para la adquisición de esa «experiencia» que tan necesaria es en su apasionante profesión. El buen predictor no puede desinteresarse por completo del tiempo atmosférico fuera de las horas de servicio; su atención y curiosidad, aunque más o menos pasivas, deben ser constantes, aprovechándose de la información que rutinariamente ofrecen los medios de comunicación y, sobre todo, sin dejar de mirar el cielo.

Indudablemente, en esta simbiosis del meteorólogo con la Naturaleza se está observando un franco retroceso, más o menos acusado según los países, pero en todos preocupante, pudiéndose asegurar sin ambages que por encima de todos los problemas de índole científico, técnico y económico que condicionan el futuro de la meteorología, entendida como servicio público, está dicha idiosincrasia del meteorólogo, y no por defectos de formación universitaria, ni mucho menos por falta de conocimientos, sino más bien por insuficiencia de curiosidad y satisfacción intelectual y estética ante la sutileza y belleza que nos ofrece esta parte atmosférica del mundo natural. Es este fenómeno sociológico lo que ha conducido a lo que denominamos «deshumanización de la meteorología operativa», cuyas manifestaciones más evidentes son la excesiva confianza en la máquina, y la rotura del tradicional contacto directo de los servicios meteorológicos con el público, que en nuestro país, hace sólo unos pocos lustros, ensalzaba al Servicio

Meteorológico Nacional como modelo ejemplarizador en la Administración por su atención al público sin necesidad de ventanillas, instancias y pólizas.

El problema de la pérdida de familiarización del meteorólogo con la Naturaleza no es sólo de nuestros días, ya que en 1952, con anterioridad a la revolución tecnológica, y con el fin de mejorar los servicios meteorológicos de los países nórdicos, de mucha mayor tradición meteorológica que el nuestro, Tor Bergeron llamaba la atención sobre esta falta de familiaridad de los predictores y sugería, como medida para mentalizar meteorológicamente a las nuevas promociones de predictores, que parte de su formación se realizase en estaciones de montaña o costeras, donde pudieran «sentir» y observar el tiempo cada minuto del día, confrontándolo con las informaciones oficiales.

Mucho se habla en estos días del futuro de la meteorología, a cuya problemática la revista *Weather* de la Royal Meteorological Society, con motivo de su cincuenta aniversario, dedica un número extraordinario, de cuya lectura podemos concluir que a pesar de las grandes innovaciones todavía son muchas las limitaciones en la predicción del tiempo, no dejando de ser una utopía pretender alcanzar la perfección, aunque sigue habiendo mucho espacio para ir mejorando la predicción en todas sus áreas. Pero, en nuestra opinión, ello sólo será posible si podemos seguir contando con meteorólogos apasionados por su profesión y con una larga y fructífera experiencia, los que, lamentablemente, no abundan y cada vez hay menos. Lo que, para nuestro país constituye un serio problema, cuya solución condiciona el futuro de nuestra meteorología operativa. Además, de conseguirse, sería una prueba de fidelidad a la historia de la meteorología española, la que, como vamos a ver, es humanamente y científicamente más importante de lo que comúnmente se cree.

Los grandes observadores meteorológicos del pasado

Para apreciar el valor de la observación en la formación del meteorólogo nada mejor que echar una mirada atrás y maravillarnos de la capacidad creativa de la que dieron muestra los observadores meteorológicos renacentistas de los siglos XVI y XVII, antes que Torricelli y Galileo inventasen, respectivamente, el barómetro y el termómetro, cuando sólo se podían valer de su propia condición de «sensor remoto» humano, más complejo y perfecto que los artificiales y que, si bien la amplitud del campo de observación de cada sensor individual es muy reducida, esta limitación queda compensada por su abundancia.

De todos estos observadores destaca la figura del padre José Acosta S.J. quien en la segunda mitad del siglo XVI realizó en tierras americanas multitud de observaciones de fenómenos naturales, que desterraron para siempre la concepción aristotélica de la meteorología y sentaron las bases de la meteorología y climatología modernas. De la trascendencia de sus observaciones da testimonio su *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590), donde, la comparación de sus razonamientos sobre los fenómenos atmosféricos observados con lo que de ellos hoy sabemos justifica que, sin incurrir en exageración, podamos considerarle como el Adelantado de la Meteorología y de la Climatología, entendidas como ciencias naturales. Sus especulaciones relativas a los distintos sistemas de vientos son verdaderamente geniales, introduciendo dos nuevos conceptos fundamentales. El primero se refiere a las propiedades físicas de los distintos vientos, donde no podemos por menos de ver una premonición de la diferenciación de las masas de aire. El segundo surge de la comparación de los regímenes de vientos del Atlántico con los del Mediterráneo, lo que le lleva a intuir una de las facetas más espectaculares de la circulación

general de la atmósfera: los vientos en torno de las altas presiones subtropicales del Atlántico Norte, generalmente conocidas como el anticiclón de las Azores.

Aunque, las explicaciones del padre Acosta sobre la constancia y dirección de los vientos alisios puedan sorprendernos por lo ingenuas, no debemos olvidar que en aquella época no podía caber en mente humana la idea de que la atmósfera estuviese sujeta al suelo por la fuerza de la gravedad. Habría de pasar casi un siglo para que Newton pusiera las cosas en su punto, lo que permitiría al científico británico Halley establecer las bases para un primer modelo físico de la circulación entre los subtrópicos y el ecuador, para cuya formulación la observación de los vientos predominantes del SW en verano en el Pico del Teide fue la clave: a los vientos alisios del NE en superficie se superponía en altura, como corriente de retorno, el contralisio del SW. Posteriormente en 1735, el también británico Hadley explica la naturaleza de esa circulación en el plano vertical, incluyendo el efecto de la rotación terrestre, con lo cual el concepto de la actualmente denominada «célula de Hadley», como elemento esencial de la circulación general de la atmósfera, quedaba establecido.

Si bien, ya en este siglo, el conocimiento mucho más completo de los vientos a altos niveles ha echado por tierra la creencia en la existencia del contralisio del SW, ello no contradice la existencia en altura de un transporte de cantidad de movimiento hacia el norte entre aproximadamente las latitudes de 0° y 30°, pero no como una corriente regular semejante al alisio de superficie, sino de forma mucho más compleja e irregular. El equívoco radica en que, en aquel entonces, las ascensiones al Teide solían realizarse en verano, cuando, efectivamente, el viento dominante al nivel del Pico es del SW, según la circulación en torno al anticiclón estival de altura sobre Africa del Norte. En cualquier caso, pocos ejemplos podrán darse de una serie de observaciones, más bien reducida, que haya conducido a conclusiones tan trascendentales como ha ocurrido con las efectuadas en el Teide, pues aunque sepamos hoy día que la célula de Hadley no es más que una abstracción de las condiciones reales, no por ello ha perdido su valor conceptual y didáctico, hasta el punto que resulta imprescindible en cualquier esquema de la circulación general de la atmósfera en un plano vertical meridiano, como así ocurre con los esquemas de Rossby y Palmer, todavía omnipresentes en los libros de texto.

Si nos adelantamos en el tiempo, veremos como, ya en el último cuarto del siglo XIX, destaca la figura del padre Benito Víñes S. J., que fue el primer científico que describió acertadamente la estructura tridimensional de los huracanes. El 19 de septiembre de 1875 produjo el primer pronóstico de huracanes del Caribe. En conmemoración del centenario de este acontecimiento, la Universidad de Miami celebró el 19 de septiembre de 1975 un homenaje a la memoria del padre Víñes, durante el cual el Dr. Frank, director del Nacional Hurricane Center de los EE.UU., después de decir que «la labor del padre Víñes marcó una etapa histórica» y que «no fue hasta la década de los 40 que nosotros redescubrimos y confirmamos la validez de sus observaciones», mostró una imagen del huracán *Eloise*, tomada por satélite, haciendo notar que si el padre Víñes pudiera contemplarla vería como las nubes cirruiformes emergen del huracán en la misma forma que él describiera cien años atrás.

Trascendencia de la predicción subjetiva del tiempo en la Segunda Guerra Mundial

Pero, es en nuestro siglo, en el transcurso de la Segunda Guerra Mundial, cuando la predicción subjetiva del tiempo muestra de forma dramática la importancia trascendental

de la experiencia observacional del predictor, en unas circunstancias difíciles motivadas por una reducción drástica en la recopilación de datos de superficie y una disponibilidad mínima de datos de altura. A pesar de estas limitaciones destacaron, por ambos lados, acertadas predicciones que fueron decisivas en muchas operaciones militares: empezando por el paso de la flota alemana por el canal de la Mancha, amparándose en un frente cálido, y culminando con la preparación meteorológica, en la primavera de 1944, para la operación *Overlord* consistente en la invasión aliada de Europa.

Durante varias semanas, el Dr. J. M. Stagg, jefe del equipo meteorológico asignado al General Eisenhower, había estado presentando predicciones bastante optimistas. Repentinamente, cuatro días antes del día D, cuando habían empezado a darse las primeras órdenes para la invasión, se hizo eminente el inicio de un período tempestuoso, sin que nadie pudiera asegurar si las condiciones del día D permitirían el desembarco. A medida que las fuerzas navales ganaban impulso, también lo hacía la tempestad, de forma que 24 horas antes del momento señalado para el desembarco, tuvo que suspenderse la operación, dejando muchos miles de soldados y marineros a merced de las grandes olas. Ello supuso una tremenda responsabilidad para los meteorólogos, pues de haberse visto las flotas impedidas de seguir adelante, las consecuencias podrían haber sido desastrosas. Pero, mientras los mandos debatían angustiosamente sus dudas, los meteorólogos previeron la posibilidad de un breve interludio entre las borrascas, sobre el que confió el Dr. Stagg en su certero informe final, permitiendo que la operación *Overlord* siguiera adelante, hacia el éxito.

Difícilmente, algún otro predictor en el mundo habrá pasado por un trance semejante al que pasó el Dr. Stagg, quien preguntado 27 años más tarde ¿Si en 1944 hubiera dispuesto de las facilidades de que disponen los predictores actuales, hubiera afectado a la calidad de la predicción que entregó al General Eisenhower? contestó: no, no hubiera resultado más útil que las entonces conseguibles.

Tres personajes ejemplares de la meteorología española

Fue esta íntima compenetración de los meteorólogos tradicionales con la Naturaleza lo que influyó, a su vez, en el desarrollo del aspecto social de la meteorología entendida como servicio público, dando lugar a que, en general, los servicios meteorológicos oficiales se distinguiesen por su aspecto humano de atención al público, tradicionalmente apreciado y reconocido, hasta que la masificación que en toda clase de actividades caracteriza a la sociedad actual, ha roto esta entrañable y directa comunicación entre servicio y usuario.

Esta singular simbiosis de curiosidad científica, amor a la Naturaleza y sentido social, propició la revelación de extraordinarias personalidades en este siglo, entre las que en España merecen especial mención las de los doctores Fontseré, Lorente y Jansà, acreedoras de nuestro recuerdo, no sólo por lo que fueron sino también por lo que deben seguir siendo como modelo ejemplar para las actuales y futuras promociones de meteorólogos. De su importante obra escrita da testimonio la *Bibliografía Meteorológica Española* de F. Huerta (1984).

Eduardo Fontseré (1870-1970). Doctor en Ciencias Físicas en 1894, gana por oposición la cátedra de mecánica racional de la Universidad de Barcelona en 1900, pero con ello no colma sus anhelos, ya que su vocación se inclinaba preferentemente hacia las

ciencias del cosmo y sobre todo hacia la meteorología, en cuyo campo realiza sus primeros trabajos en la Estación Meteorológica de la Granja Experimental Agrícola de Barcelona, hasta que en 1912 se da a conocer como una primera autoridad en la materia gracias a su contribución en la planificación y establecimiento de la Red Pluviométrica Española. Desde entonces y hasta el final de su vida, la meteorología constituye su actividad principal, que simultanea con sus tareas universitarias hasta que en 1933 la Universidad Autónoma de Barcelona le nombra titular de la recién creada cátedra de Geofísica.

Pero, esta pluralidad de funciones no fue óbice para que su concepción de la meteorología como servicio a la sociedad y su empeño para conseguirlo, se vieran coronados por el éxito con la creación del Servei Meteorològic de Catalunya el 1º de abril de 1921. Sería insidioso atribuir algún móvil político a la creación del Servei, presentándolo como antagónico al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). El profesor Fontseré no pretendía competir con nada ni con nadie, sino simplemente llenar un vacío. El SMN no era más que un modestísimo organismo estatal con una gran penuria de medios materiales y humanos, con la casi inexistencia total de centros periféricos de atención al público. Pero, lo más notable del caso es que tampoco el doctor Fontseré disponía de medios adecuados, siendo muy escasas las ayudas y subvenciones que consiguió para poner en marcha el Servei lo que sólo lo logró gracias a la colaboración mayormente voluntaria y gratuita del personal. Tanto es así, que cuando a principios de 1936 alcanza el Servei su mayor plenitud, el número de empleados, desde el director al último subalterno era de sólo ¡15 personas!

El Dr. Fontseré alcanzó muy pronto gran prestigio internacional. Con motivo del Año Polar 9132-33, funda las estaciones de montaña del Turó de l'Home, en el Montseny (uno de sus grandes amores), y la de Sant Jeroni de Montserrat. Pero, su mayor renombre lo adquiere en el seno de la Organización Meteorológica Internacional (antecesora de la actual Organización Meteorológica Mundial) donde gracias a la colaboración de la Fundació Concepció Rabell i Cuvila, financiada por el mecenas de la ciencia catalana Sr. Patxot, dedicada especialmente a la fotografía de nubes, fue el auténtico artífice del *Atlas Internacional de Nubes*, en el que la mayor aportación de fotos procedía de dicha fundación: *El cel de Catalunya*, del que el Dr. Fontseré fue un apasionado observador, adquiría dimensiones universales.

En este mundo en el que la ley del mercado impera por doquier, es difícil de comprender cómo a fuerza de trabajo, dedicación, generosidad y sentido de solidaridad social puede conseguirse lo que el Dr. Fontseré logró. Pero, más difícil de entender es cómo tan brillante labor pudo verse truncada, de forma tan miserable y vergonzosa, como fue la destrucción del Servei, a raíz de las secuelas de la Guerra Civil. ¿Para cuándo un acto de desagravio por parte de la meteorología oficial por la destrucción del Servei Meteorològic de Catalunya? Sería el mejor homenaje a la memoria del profesor Fontseré.

José María Lorente (1891-1983). Madrileño de pura cepa, nacido en la Puerta del Sol, ingresó en el Servicio Meteorológico Nacional, poco después de doctorarse en Ciencias Exactas, convirtiéndose rápidamente en otro apasionado por la observación meteorológica, a lo que contribuyó en gran medida su primer destino en el Observatorio de Izaña (Tenerife) a 2.367 m. de altura. Aunque, la mayor parte de su vida profesional transcurriera en la biblioteca del SMN, de la que fue director hasta su jubilación, fue precisamente esta intimidad con los libros lo que le ayudó a satisfacer su permanente curiosidad por los fenómenos atmosféricos en general y por su repercusión en el tiempo y clima de España, convirtiéndose en un infatigable investigador en el campo de nuestra

climatología y en el de distintos aspectos de la meteorología aplicada, de lo que dan testimonio los numerosos artículos publicados en la desaparecida y añorada Revista de Geofísica, así como sus libros y demás trabajos.

Este espíritu de solidaridad con el prójimo fue causa de su popularidad, la que se acrecentó hasta el punto de convertir su modesto despacho en la Oficina Central Meteorológica del parque del Retiro, en una auténtica «consultoría», que se distinguía de las que hoy día proliferan por esos mundos de Dios, por el hecho de ser gratuita, y a la que acudían infinidad de personas de distinta profesión y nivel cultural, en busca de asesoramiento, consejo o información, sabedoras de que serían bien recibidas y mejor atendidas por la proverbial gentileza del doctor Lorente. Pero, no satisfecho del todo recurrió al periodismo para acrecentar su relación con el público, donde alcanzó pronto la fama gracias a sus crónicas publicadas regularmente en *El Debate*, bajo el seudónimo de Meteor. Pero, fue después de la Guerra Civil cuando a raíz de las «pertinaces sequías» de los años 40, que tanto contribuyeron a agravar las penalidades de la postguerra, las crónicas de Meteor, ahora en el *Ya*, eran esperadas y leídas con avidez por un público traumatizado por las dificultades inherentes a las restricciones en el suministro de agua y electricidad, impuestas por la sequía. Es dudoso que en ningún momento haya estado el público tan bien informado del desarrollo de las condiciones atmosféricas y de sus consecuencias, como lo fue con las crónicas del Dr. Lorente.

José María Jansà (1901-1994). Catalán de nacimiento y menorquín de adopción, es en Menorca donde en 1926 se inicia como meteorólogo, quedando vinculado con esa isla para el resto de su vida, aunque por motivos profesionales compartiera una buena parte de ella en Palma de Mallorca como Jefe del Centro Meteorológico de Baleares, y una más corta, entre 1967 y 1971, en Madrid, donde simultaneó sus funciones en el SMN con la enseñanza de la climatología en la Universidad Complutense.

En su larga vida profesional, el doctor Jansà tuvo especial empeño en poner su saber y experiencia al servicio de la sociedad, para lo cual su principal arma fue la pluma, que utilizó con singular maestría, de lo que da fe su ingente obra escrita para lectores de los más distintos niveles culturales, desde los cuatro tomos de su *Meteorología teórica* (1959-60-61) hasta su entrañable *¿En qué se parece la atmósfera?* (1949) donde muestra su capacidad en el difícil arte de la divulgación científica, dentro del cual abarcó los más diversos aspectos de la meteorología aplicada, que fueron temas de una buena parte de sus artículos, como los publicados en la *Revista de Aeronáutica*, que le dieron fama entre uno de los cuerpos de usuarios de la meteorología más señalados: los aviadores. También fue uno de los colaboradores más brillantes de la *Revista de Geofísica*.

Pero, de toda la obra escrita del Dr. Jansà, el libro que mayor impacto ha tenido especialmente en relación con la formación y ejercicio de la profesión meteorológica es su *Manual del Observador de Meteorología*, publicado en 1956 por el SMN y reeditada en 1968, sin que haya habido ninguna otra obra que se le equiparase, ni antes de 1956 ni después de 1968. Lo primero podría justificarse por dificultades presupuestarias, mientras que lo segundo resulta escandaloso habida cuenta del carácter básicamente observacional de la meteorología operativa y de los grandes cambios habidos en los sistemas de observación.

Ante las extraordinarias cualidades humanas y científicas del doctor Jansà y de su profunda vinculación con estas islas, a las que tanto amó y dedicó sus mejores desvelos, no podemos por menos de aplaudir la iniciativa de la Universitat de les Illes Balears de dedicar un homenaje a su memoria que contribuya a que su recuerdo se mantenga vivo en las nuevas generaciones de meteorólogos.

Es interesante notar cómo estas tres relevantes individualidades, aun desarrollando sus actividades en áreas geográficas relativamente restringidas, y con escasa interrelación profesional, guardan en cambio una gran similitud por su bondad, sabiduría, modestia y generosidad, así como por esa notable cualidad común de haber sido observadores, siempre maravillados, de los fenómenos atmosféricos. Posiblemente, el sosiego y la paz de espíritu, fruto de esas cualidades, contribuyeron a sus largas vidas: 100, 92 y 93 años, respectivamente.

La comercialización de la meteorología operativa como exponente de su deshumanización

Si los tres grandes maestros de la meteorología operativa, que acabamos de reseñar, levantarán cabeza y pudieran observar cómo la «comercialización» se ha ido introduciendo en los servicios meteorológicos oficiales —donde los términos empresariales: departamento comercial, productos, publicidad, beneficio, etc. se han hecho habituales— no darían crédito a sus ojos. Es cierto que, ante la demanda cada vez mayor de informaciones y estudios meteorológicos especiales, se ha hecho imprescindible el desarrollo de la meteorología empresarial, pero ésta debe corresponder más bien a la función privada que a la pública. Así lo entendió el propio Dr. Lorente, quien fue un pionero en ese campo, aunque su idea no pudo fructificar debido a la no existencia en España de una ordenación jurídica y académica que respaldase el ejercicio de la meteorología como profesión libre, anacronismo todavía vigente. No obstante, como ocurre en nuestro país, la no existencia o estado precario de dicha actividad privada, puede justificar que sea suplida por el servicio oficial. Pero, en ningún caso debe hacerse en detrimento de sus obligaciones públicas, como, por ejemplo, la publicación y difusión de publicaciones de informaciones y datos estadísticos de interés general, ni tampoco a costa de excesivas trabas burocráticas.

Evidentemente, esta nueva concepción de la meteorología operativa como actividad comercial, está en flagrante contradicción con la propia esencia de lo que en su origen representaron en la sociedad los servicios meteorológicos, fundados sobre la base de observadores voluntarios, y que tanto prestigio les dio como servicios públicos ejemplares. El intercambio libre de datos, observaciones e informaciones, no sólo entre profesionales de la meteorología, sino también entre éstos y sus muchos usuarios —profesores, investigadores, agricultores, marinos, aviadores, etc.— se ha venido practicando durante mucho tiempo en beneficio de ambas partes. Es difícil imaginar que sin esta colaboración, libre de intereses mercantiles, la meteorología en su función de servicio público, hubiese podido conseguir el grado de eficacia del que hoy hace gala.

De este mutuo beneficio entre usuario y servicio, el ejemplo más impresionante se nos presenta después de la Segunda Guerra Mundial a raíz del espectacular desarrollo de la aviación comercial, que si por una parte se debió en buena medida a la eficacia de la información meteorológica, por otra fue ese mismo desarrollo el motor del no menos espectacular avance que experimentaron prácticamente todos los servicios meteorológicos del mundo. De la importancia de esta interrelación dieron muestra las oficinas meteorológicas de los aeropuertos, hasta el punto de que en muchos países algunas de estas oficinas ejercían, a su vez, las funciones de centros de análisis y predicción de sus respectivos servicios meteorológicos. Era en estas oficinas donde la información documental que recibían las tripulaciones se complementaban con la información oral

directa que se les daba, a la vista de los mapas de trabajo sobre la mesa de los predictores, quienes a su vez recibían valiosas informaciones por parte de los aviadores relativas a las condiciones meteorológicas de vuelos realizados.

Hoy, lamentablemente, con los nuevos sistemas propios de la era de la informática, este aspecto tan humano y añorado de la interrelación entre servicio y usuario, ha desaparecido totalmente. Si bien actualmente, ambas actividades, la aeronáutica y la meteorológica, siguen beneficiándose mutuamente, la información que la meteorología recibe de la aviación se limita a los datos de temperatura y viento transmitidos desde los aviones en vuelo, y la información facilitada a las tripulaciones en los aeropuertos se realiza por el sistema de «sírvese usted mismo», vacío de todo contacto humano. Posiblemente sea esta situación en los aeropuertos la muestra más contundente y patética del estado de deshumanización de la meteorología operativa.

La información meteorológica y los medios de información

Evidentemente, la situación existente hoy día en la relación entre la información meteorológica y sus receptores es irreversible: no se puede ir contra el signo de los tiempos. Sin embargo, en lo que concierne a la información recibida por el público, si bien tampoco es posible restablecer el contacto directo de antaño entre el servicio meteorológico y el público, ello no quiere decir que esta carencia no pueda ser compensada mediante los medios de comunicación. Nunca como ahora han dispuesto los servicios meteorológicos oficiales de medios de comunicación tan eficaces como la radio y la televisión, para mantener al público debidamente y puntualmente informado del tiempo y de sus avatares. Para lo cual, entre otros requisitos, se precisa que los horarios normales de emisiones meteorológicas sean complementados, cuando las circunstancias lo requieran, con emisiones de avisos con una frecuencia que, en casos excepcionales, pueda llegar a ser de incluso cada cuarto de hora, como ocurre en los EE.UU. con los huracanes y tornados.

Lamentablemente, en nuestro país este contacto entre el servicio meteorológico y el público prácticamente ha dejado de existir. Las esporádicas y breves alusiones a la «información facilitada por el INM» suelen ser tan pobres e irrelevantes que más valdría que los presentadores se las ahorrasen. Ante la pobreza actual de la información meteorológica televisiva, suele argumentarse que dicha información queda muy por debajo de la calidad de los «productos» elaborados por el INM. Aun siendo ello verdad, no es excusa para dejar dicha información a merced de los presentadores, puesto que, por sentido común, la pantalla de la televisión OFICIAL tiene que ser el principal exponente de la meteorología OFICIAL.

La percepción por los telespectadores de la calidad de las predicciones no es sólo función del valor de los «productos» facilitados por el INM, sino que también dependen mucho de la habilidad del presentador en hacer resaltar, claramente y sin ambigüedades, las cuestiones más interesantes, lo que a su vez depende en gran medida de las circunstancias del momento. Además, más importante que los detalles, generalmente irrelevantes, con que suelen adornarse las predicciones, es saber hacer resaltar la «tónica» ambiental del día. Para cumplir con tales requisitos, el presentador debe tener, además de una adecuada formación, una auténtica mentalidad meteorológica que le permita enjuiciar la situación amalgamando en su mente la diversidad de elementos que entran en juego. Condiciones éstas que, salvo algunas excepciones, brillan por su ausencia en nuestra televisión.

Si a todo lo dicho añadimos el hecho de que el aspecto didáctico de la información meteorológica, en lo que el «hombre del tiempo» por antonomasia Dr. Mariano Medina, fue maestro, haya desaparecido por completo de los medios de comunicación, tendremos otro cuadro verdaderamente desolador de la deshumanización de la meteorología operativa en España.

Signos esperanzadores. El centro meteorológico de Baleares

Si, como hemos visto, la deshumanización de la meteorología operativa es consecuencia, en gran medida, del cambio drástico que ha sufrido a raíz de la sustitución de la predicción subjetiva (o sinóptica) esencialmente manual, por la predicción objetiva (o numérica) fundamentalmente electrónica, es de esperar que la situación vaya mejorando con el progresivo desarrollo de los métodos manuales de análisis de los sistemas meteorológicos de mesoescala, los cuales todavía no responden satisfactoriamente a la modelación numérica y posiblemente nunca lo hagan.

De la importancia del análisis mesoescalar da testimonio el Centro Meteorológico de Baleares donde, gracias a su director Dr. Agustín Jansà (hijo de José María) ya ha sido introducido como rutina de trabajo, con resultados muy significativos, especialmente en la predicción marítima, como así lo reconocen los amantes del deporte de la vela, que tanto contribuye al prestigio turístico de las islas. Es al Dr. A. Jansà a quien debemos agradecer su trabajo *Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos* (1990) de importancia trascendental ya que marca la pauta a seguir en los centros de análisis y predicción del INM, pues como dice su autor, «una parte muy importante de los fenómenos meteorológicos realmente significativos para el hombre, son mesoescalares. Especialmente en áreas climatológicamente marginales o conflictivas como la Península Ibérica y el Mediterráneo Occidental. Las lluvias más importantes, incluidas las que pueden generar catástrofes, están mucho más directamente ligadas a sistemas mesoescalares que a los dos otros tipos, micro y macro, lo que no implica que no deban existir marcos macroescalares apropiados. Lo mismo ocurre con temporales, a veces súbitos, de viento, frecuentemente muy delimitados y de intensidad desproporcionada a lo que haría presumir el marco mesoescalar. O con determinadas masas de niebla, limitadas, densas persistentes. De poco vale predecir sólo lo común y corriente, si lo raro, pero crítico, por potencialmente dañino, queda sistemáticamente sin resolver, sin ser anticipado, sin poder siquiera ser vigilado».

La generalización de las prácticas mesoescalares ha de permitir compaginar ambos métodos de predicción, el numérico y el sinóptico, de forma que en los centros de análisis junto a las pantallas electrónicas, siga subsistiendo el entrañable pupitre del predictor, con su tablero transparente y lápices de colores. Lo cual es muy esperanzador al crear el ambiente más idóneo para que se vayan formando predictores con mentalidad y experiencia meteorológicas, necesarias para que puedan contribuir satisfactoriamente al continuo desarrollo en la precisión, alcance y disponibilidad de la información meteorológica para beneficio de toda la sociedad.

Bibliografía

- Acosta, J. (S. J.) (1590), «Historia natural y moral de las Indias». *Historia 16*, Madrid 1987, 515 pp.
- Bergeron, T. (1952), «Ways of improving the weather service». *Weather*, vol. 7, pp. 48-49.
- Huerta, F. (1984), *Bibliografía Meteorológica Española*. Inst. Nac. de Met., Madrid, 458 pp.
- Iglesies, J. (1983), *Eduard Fontseré*. Fundació Salvador Vives Casajuana, Barcelona, 176 pp.
- Jansà, A. (1990), *Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos*. Inst. Nac. de Met., Madrid, 70 pp.
- Jansà, J. M. (1949?), *¿En qué se parece la atmósfera?*. Ibérica, Barcelona, 115 pp.
- Jansà, J. M. (1959, 1960 y 1961), *Meteorología teórica*. Serv. Met. Nac. Madrid, 4 tomos, 1.224 pp.
- Jansà, J. M. (1968), *Manual del observador de Meteorología*, Serv. Met. Nac. Madrid, 432 pp.
- Koubek Memorial Center (1975), *Memoria de homenaje al Rev. Padre Benito Viñes, S. J. en el centenario del primer pronóstico de huracanes*, University of Miami, 47 pp.
- Lorenz, E. N. (1995), *The essence of chaos*. UCL Press, Londres, 227 pp.
- Royal Meteorological Society (1996), «50th Anniversary issue». *Weather*, vol. 51, pp. 149-199.
- Stagg, J. M. (1971), *Forecast for Overlord*. Ian Allan, Shepperton, 128 pp.

**La convección y su
tratamiento en los
modelos de
predicción
numérica del
tiempo**

José A. García-Moya
Zapata
*Servicio de Predicción
Numérica. INM*

Territoris (1998), 1:
137-156

La convección y su tratamiento en los modelos de predicción numérica del tiempo

José A. García-Moya Zapata
Servicio de Predicción Numérica. INM

Resumen

Los modelos de predicción numérica del tiempo han constituido uno de los avances más importantes de la meteorología, tanto de la investigación meteorológica como de la llamada meteorología operativa. Las predicciones del tiempo han mejorado como resultado de la constante mejora de los modelos numéricos. Como no es posible simular en laboratorio los procesos atmosféricos cualquier estudio sobre alguno de estos procesos debe hacerse en el marco de un modelo numérico que aporte el comportamiento general de la atmósfera. La convección atmosférica es uno de los procesos más importantes de los que regulan la redistribución energética en la atmósfera y uno de los temas más importantes en la investigación meteorológica. Este artículo realiza una revisión general y simplificada de los distintos esquemas que parametrizan los procesos convectivos dentro de los modelos numéricos. Tras una breve descripción de diferentes esquemas mostraremos los resultados de aplicar algunos de ellos a una situación de lluvias fuertes convectivas en España.

Abstract

Numerical Weather Prediction Models have been very important in the evolution of Meteorology, not only in research but in the so called Operational Meteorology. Weather forecasts improved as a result of the sustained improvement of models performance. As it is not possible to simulate atmospheric processes in labs research of any particular one must be done within numerical models supplying the general behaviour of the atmosphere. Convection is one of the most important processes to redistribute atmospheric energy and thus one of the main subjects in meteorological research. This paper gives a general view about atmospheric convection and different schemes that parametrize it inside numerical models are shown. Some of the schemes are applied to a case study with strong convective precipitations over Spain.

Recepción del manuscrito, octubre de 1996

1. Introducción

La predicción del tiempo ha sido, históricamente, uno de los objetivos más importantes de la meteorología. Al principio se trataba simplemente de intentar, con la predicción de la ocurrencia de fenómenos naturales adversos, disminuir el número de desgracias personales y materiales consecuencia de ellos.

* Dirección del autor: Servicio de Predicción Numérica. Instituto Nacional de Meteorología. Apartado 285. 28071 Madrid. e-mail: j.garciamoya@inm.es

Puesto que la atmósfera no es más que un fluido podrían usarse las ecuaciones de evolución de los fluidos para intentar predecir el estado futuro de la atmósfera partiendo de su situación actual, que se podría deducir de las observaciones. Esta afirmación de tipo general pronto demostró ser más complicada de lo que parecía. Las ecuaciones diferenciales que rigen la evolución de los fluidos son no lineales y no tienen solución exacta y única. Los métodos aproximados de resolución necesitan de millones de operaciones que eran inabordables con los métodos numéricos de principios de siglo.

Entonces empezaron a usarse los modelos conceptuales de evolución de borrascas y frentes derivados de las teorías de la llamada «Escuela de Bergen», que fueron formuladas a partir de 1904 por, entre otros, V. Bjerknes.

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, L. F. Richardson intentó resolver el sistema de ecuaciones que representaba la evolución de la atmósfera usando calculadoras mecánicas. Los resultados, publicados en forma de libro en 1922, fueron desastrosos con valores de cambios de presión superficial en tres horas un orden de magnitud superior a los observados. Sin embargo, hoy en día se reconoce la importancia del trabajo de Richardson como pionero en el campo de la predicción numérica del tiempo (Lynch 1994) [14].

Al igual que ocurrió con los adelantos en el campo de las comunicaciones, la invención y rápido desarrollo de los ordenadores electrónicos ha sido una de las herramientas fundamentales para el desarrollo de la predicción del tiempo, a través de la mejora de los modelos numéricos que intentan resolver aproximadamente el sistema de ecuaciones que, como ya hemos señalado, rigen la evolución de la atmósfera.

Actualmente, la predicción del tiempo sigue intentando cumplir los objetivos que tenía cuando comenzó, es decir, intentar mediante la predicción adecuada con la suficiente antelación, paliar los efectos que los fenómenos atmosféricos producen sobre la vida y los bienes materiales de las personas. Desde ese punto de vista, las inundaciones producidas por precipitaciones intensas son uno de los fenómenos que más interés despiertan en los centros de predicción de todo el mundo.

En la mayoría de los casos, estas precipitaciones intensas son la consecuencia de intensos fenómenos convectivos que dan lugar a grandes sistemas nubosos que frecuentemente alcanzan la Estratosfera (Jansá y otros 1990) [11]. Es por ello que la descripción adecuada de estos procesos es una de las partes más importantes en los modelos de predicción numérica del tiempo.

En este artículo vamos a desarrollar los fundamentos de la convección atmosférica y de su representación en los modelos. Para ello, vamos a empezar con algunas ideas generales sobre los modelos numéricos que nos sirven actualmente para la predicción del tiempo. Después desarrollaremos algunos conceptos básicos sobre la convección atmosférica. En el apartado número cuatro hablaremos de algunos de los esquemas que tratan de representar la convección dentro de los modelos, para seguidamente, explicar los métodos mediante los cuales se validan los diferentes esquemas, los modelos unidimensionales y, finalmente, los modelos de predicción numérica del tiempo (elegiremos como caso particular de estos últimos el modelo Hirlam que es el modelo operativo del INM).

2. Los modelos de predicción numérica del tiempo

Ya hemos explicado antes que la predicción del tiempo es, matemáticamente hablando, lo que se llama un problema de valores iniciales, es decir, que no tenemos más que resolver el sistema de ecuaciones diferenciales que representan la evolución de un estado atmosférico conocido el valor inicial de las variables meteorológicas, para obtener el estado atmosférico en un determinado momento del futuro (la predicción).

El problema reside en el hecho de que el citado sistema está compuesto por ecuaciones no lineales que no tienen solución exacta y única. Por lo tanto, lo único que puede hacerse es intentar calcular alguna solución aproximada mediante las técnicas numéricas adecuadas. Esto da como resultado lo que se conoce con el nombre de modelos numéricos de predicción del tiempo que no son más que programas informáticos que resuelven aproximadamente el citado sistema de ecuaciones. Para ello discretizan las ecuaciones diferenciales en una rejilla cúbica (normalmente, con direcciones x e y en la horizontal y z ó p en la vertical) que representa la atmósfera.

Dependiendo del área cubierta por el modelo y del número de puntos de rejilla considerado se deduce lo que se llama la resolución del modelo, es decir, la distancia horizontal y vertical que hay entre dos puntos de rejilla consecutivos. Cuanto menor es esa distancia mayor se dice que es la resolución del modelo.

Es evidente que a mayor resolución de un modelo los resultados serán mejores, pero también es mucho mayor el número de operaciones que hay que hacer para obtener una predicción determinada, ya que hay que resolver el sistema de ecuaciones en cada uno de los puntos de la rejilla. Es por esto que la evolución de los ordenadores está íntimamente ligada a la de la bondad de los resultados de los modelos numéricos. Teniendo en cuenta que la duración de las operaciones necesarias para obtener la predicción con un modelo debe ser el mínimo posible, cuando se planea la operación de un modelo siempre hay que llegar a un compromiso entre la potencia de cálculo del ordenador y la resolución horizontal y vertical del modelo.

Desde el punto de vista de los modelos, los procesos presentes en la atmósfera pueden dividirse en dos clases, aquellos que son explícitamente resueltos por el modelo y los que no lo son. La cuestión tiene que ver, fundamentalmente, con la resolución horizontal y vertical del modelo en relación con la de los citados procesos. Por ejemplo, si la resolución horizontal de un modelo es de 50 Km, o sea, que entre dos puntos de rejilla adyacente en el plano horizontal hay 50 Km, y pretendemos estudiar con él los procesos convectivos en los que la escala espacial de los Cumulonimbus es unos 5 Km, es evidente que el modelo no puede resolver explícitamente los efectos que los citados procesos convectivos tienen en el estado de la atmósfera.

El conjunto de los procesos resueltos explícitamente por el modelo forman lo que se llama la «dinámica», mientras que el conjunto de los no resueltos forman lo que se llama la «física» del modelo. Entre los segundos se encuentran la convección, la radiación, los procesos de suelo, la difusión vertical, etc.

Para los lectores interesados en más detalles sobre los modelos de predicción numérica del tiempo se recomienda la lectura del capítulo 7 del libro de Haltiner y Williams *Numerical Weather Prediction and Dynamic Meteorology* (Haltiner y Williams 1980) [10].

El Instituto Nacional de Meteorología tiene desde el año 1984 un modelo operativo de predicción numérica del tiempo. El primer modelo era una adaptación del modelo operativo en aquel tiempo en el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM).

Con el paso del tiempo se fue volviendo anticuado y cuando el INM, como parte de su proceso de innovación tecnológica, adquirió un ordenador Cray Y-C94 con una potencia de cálculo de 4 Gflops (1 Gflop son mil millones de operaciones en coma flotante por segundo) se planteó inmediatamente la necesidad de cambiar el modelo operativo por uno más moderno y con mayores resoluciones horizontal y vertical.

Tras una evaluación de las diferentes posibilidades se eligió el modelo Hirlam (High Resolution Limited Area Model). Hirlam es un proyecto cooperativo de países (Noruega, Suecia, Finlandia, Islandia, Irlanda, Holanda, Dinamarca y Francia) del que España entró a formar parte en 1992 y que tiene como finalidad mantener y desarrollar un modelo de predicción numérica del tiempo con la mejor calidad posible y que pueda ser usado operativamente por los países miembros del proyecto. Hasta la fecha, ha habido tres fases del proyecto, cada una de las cuales ha finalizado con una nueva versión del modelo. España colabora en la fase tercera mientras usa como modelo operativo el resultante de la fase segunda, con ligeras modificaciones.

En la figura 1 se muestra el área de integración y la rejilla horizontal de la versión operativa del modelo Hirlam con resolución de 0.5 grados en latitud-longitud que tiene actualmente el INM.

Es evidente que se podría seguir hablando mucho más extensamente de los modelos de predicción numérica del tiempo, pero como no se trata del interés principal de este artículo vamos a finalizar resumiendo, como muestra, las características principales del modelo Hirlam que el INM usa operativamente desde el mes de febrero de 1995.

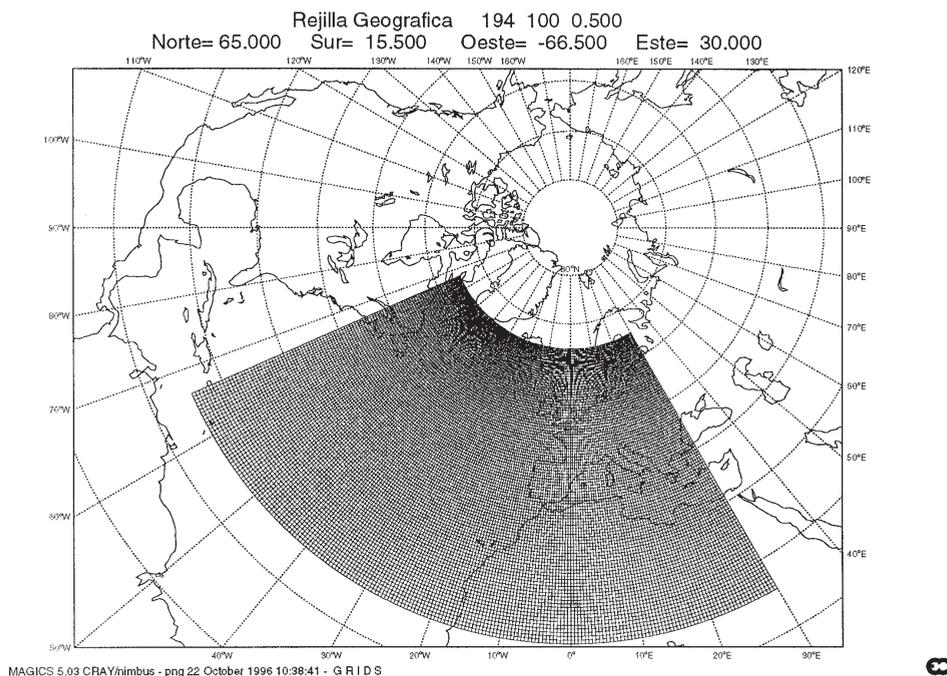


Figura 1: Área y rejilla del modelo Hirlam de resolución 0.5 grados latxlon usado operativamente en el INM.

- **Análisis**
 - Rejilla vertical: 31 niveles híbridos (los mismos que el modelo del CEPPM).
 - Asimilación: Intermitente cada 6 horas.
 - Variables: Geopotencial, componentes u y v del viento y humedad relativa.
 - Método: Interpolación óptima multivariante para masa y viento y univariante para humedad relativa.
 - Campo previo: Predicción H+6 del mismo modelo y de la pasada anterior.
 - Rejilla horizontal: Regular en latitud longitud (194×100 puntos).
 - Area: 65.0 N, 66.5 W; 15.5 N, 30.0 E.
 - Tipos de observaciones usados: Synop, Temp, Airep, Dribu, Satob, Pilot.

- **Inicialización**
 - Implícita por modos normales no lineales, 4 modos verticales, 3 iteraciones.

- **Modelo de Predicción**
 - Coordenada vertical: 31 niveles híbridos.
 - Variables dependientes: Presión en superficie, temperatura, componentes u y v del viento, humedad específica y agua de nube.
 - Representación vertical: Diferencias finitas, conservando energía y momento.
 - Representación horizontal: Diferencias finitas, rejilla de Arakawa tipo C.
 - Rejilla horizontal: Regular en latitud-longitud (194×100 puntos).
 - Area: 65.0 N, 66.5 W; 15.5 N, 30.0 E.
 - Orografía: Media tomada de los datos de la cinta de la NOAA (0.1 grados de resolución). Sobre algunos países europeos se usan bases de datos nacionales de orografía y rugosidad con resoluciones mayores.
 - Integración temporal: Esquema «leafprog» semiimplícito.
 - Condiciones de Contorno: Esquema de relajación de Davies.
 - Difusión horizontal: Esquema implícito de cuarto orden.
 - Difusión vertical: Flujos superficiales dependientes de la rugosidad y la estabilidad (longitud de Monin-Obukov). Flujos en la atmósfera libre dependientes de la longitud de mezcla y del número de Richardson.
 - Condensación y convección: Esquema de Sundqvist (Sundqvist 1989) [16].
 - Radiación: Esquema de Savijarvi y Sass (Savijarvi 1990) [15].

3. Los procesos convectivos en la atmósfera

Ya hemos mencionado antes la gran importancia que los procesos convectivos tienen en la atmósfera. Desde los procesos que dan lugar a la formación de un Cumulonimbus y la posterior aparición de una tormenta con precipitación intensa, hasta los efectos que el conjunto de ellos tienen sobre la circulación general atmosférica.

De entre todo el espectro de procesos convectivos nosotros vamos a ceñirnos aquí a los últimos que hemos mencionado, o sea, a los efectos que los procesos convectivos tienen sobre la circulación general o sobre la evolución de una determinada situación sinóptica. Este es también el principal interés que los modelos de predicción del tiempo tienen al intentar simular los efectos de la convección en un área determinada, además, naturalmente, de obtener una predicción cuantitativa de la precipitación lo más correcta posible.

Siguen siendo procesos que abarcan una amplia variedad de escalas horizontales y verticales, desde la pequeña escala de los huracanes (algunas veces mayor que la de las nubes convectivas individuales) hasta la gran escala de los modelos de circulación general atmosférica, pasando por la mesoescala de los ciclones tropicales y las bajas polares.

En principio, puede afirmarse que el origen de los movimientos verticales que dan lugar a las nubes convectivas se encuentra en los efectos que se producen en el interior de un fluido (el aire atmosférico) cuando diferentes partes de él se encuentran a diferentes temperaturas. Las porciones relativamente más calientes del fluido tienden a elevarse, trabajando contra las fuerzas de gravedad, mientras que las partes más frías de él tienden a descender para colocarse debajo.

En Meteorología, a una estratificación en la que las partes relativamente más frías del aire se encuentran por debajo de las relativamente más cálidas se le llama «estratificación estable» (en ella cualquier burbuja de aire separada de su posición tiende a ser llevada de nuevo a ella por las denominadas fuerzas de flotación). Por el contrario, a estratificaciones verticales en las que no se respeta la condición de estabilidad para los movimientos verticales se les llama «estratificaciones inestables». Hay toda una serie de estados intermedios (que no vamos a explicar con detalle) y que se denominan «estratificaciones condicionalmente inestables». Son éstas últimas las que suelen aparecer en la atmósfera real en las zonas en las que aparece la convección.

Aunque es en los Trópicos donde los procesos convectivos aparecen más intensamente, sus efectos sobre la mesoescala y la escala sinóptica no son despreciables en otras zonas del planeta. Pongamos como ejemplo el Mediterráneo Occidental. Se trata de un mar semicerrado en el que el fuerte calentamiento que se produce durante el verano hace que en otoño el agua (y por tanto el aire de la capa superficial) esté más caliente que el aire de capas superiores de la atmósfera. Esto hace que, en promedio, la estratificación vertical sobre el Mediterráneo sea condicionalmente inestable de manera que pequeñas perturbaciones den lugar a grandes corrientes verticales convectivas en las que el vapor de agua presente en el aire se condensa formando nubes de gran espesor vertical. La combinación adecuada de un número grande de estas nubes puede dar lugar (de hecho ocurre así varias veces durante cada otoño) a la formación de grandes conjuntos llamados «sistemas convectivos de mesoescala», que suelen producir precipitaciones de varios cientos de mm en pocas horas, dando lugar a fuertes inundaciones en el área.

Otras veces los efectos de la liberación de calor latente que se produce en las corrientes convectivas pueden dar lugar a la formación de bajas presiones que intensifican la convergencia de humedad en niveles bajos. Esto da lugar a una intensificación de los procesos convectivos. Finalmente, se produce un tipo de perturbación muy similar a los ciclones tropicales cuyos efectos destructores son muy intensos (aunque no tanto como los que se producen en los trópicos).

Por estas y otras razones el estudio de los procesos convectivos es uno de los intereses primordiales del Instituto Nacional de Meteorología, tanto desde el punto de vista puramente meteorológico como desde el relacionado con la simulación que de esos procesos hacen los modelos numéricos de predicción del tiempo. En consecuencia una de las áreas de investigación del Servicio de Predicción Numérica del INM en el marco del proyecto Hirlam es precisamente la parametrización de los procesos de condensación y convección.

4. Distintos esquemas de parametrización de la convección

Dentro de los procesos que se tienen en cuenta en un modelo numérico de predicción del tiempo, la convección se incluye entre los que el modelo no resuelve explícitamente, y que se agrupan con el término «física del modelo». También se conocen con el nombre de «procesos a escala por debajo de la rejilla» (subgrid-scale).

La principal suposición bajo la que subyace el tratamiento que de estos procesos hacen los modelos numéricos es que **las propiedades estadísticas de tales procesos pueden deducirse del conocimiento de las variables resueltas por el modelo**. Esto no está garantizado en absoluto, por lo que la habilidad de representar los efectos de estos procesos es tan grande como buena sea la suposición de que **el sistema no resuelto por el modelo está en equilibrio estadístico con el sistema resuelto** (Emanuel 1994, pag. 525) [4].

Dada esta suposición de equilibrio estadístico, el problema de representación de la convección húmeda (aquella en la que se producen procesos de condensación de vapor de agua y, por tanto, liberación de calor latente) puede describirse como solución a tres problemas diferentes pero relacionados. El primero es la relación entre el flujo de masa del conjunto de las nubes convectivas y las variables resueltas del modelo. Este efecto representa el calentamiento de la atmósfera a gran escala debido a las nubes. Evidentemente esto está relacionado con la cantidad de calor latente liberado en el seno de las nubes convectivas, es decir, con la cantidad de vapor de agua disponible para la condensación. El segundo problema es el de los efectos del conjunto de las nubes convectivas sobre el humedecimiento del ambiente a gran escala que las rodea. Esto depende críticamente del modelo de nube convectiva que se tiene «en mente» y de los procesos de microfísica de nubes que se tienen en cuenta en la parametrización. Finalmente, deberían tenerse en cuenta los efectos sobre el flujo de momento de las corrientes verticales convectivas, aunque esto es muy difícil ya que el momento no se conserva en el interior de esas nubes.

Dependiendo de como los científicos se han enfrentado a la solución de estos tres problemas en el seno de los modelos numéricos han surgido diferentes maneras de tener en cuenta los efectos de la convección. A estas diferentes soluciones se las conoce con el nombre de esquemas de parametrización.

Nos limitaremos aquí a dar las principales características de cada uno de los esquemas tratados sin entrar en un desarrollo exhaustivo de ellos. El lector interesado en el tema puede consultar el libro de Emanuel y Raymond «The Representation of Cumulus Convection in Numerical Models» (Emanuel y Raymond 1993) [3].

4.1. Esquema de Kuo

El esquema de parametrización de la convección de Kuo (Kuo 1965, 1974) [12] [13] es uno de los primeros esquemas que se plantearon. También es uno de los más usados en modelos numéricos de todo el mundo.

Tal como originalmente se introdujo postula un equilibrio estadístico del agua, o sea, que se supone que la convección consume agua (no energía) al ritmo en que ésta es aportada al sistema por el flujo a gran escala representado por las variables resueltas del modelo.

Según este esquema se produce convección en aquellas columnas verticales del modelo que tienen estratificación condicionalmente inestable y en las que existe una convergencia de humedad en niveles bajos. Es precisamente la cantidad de vapor de agua aportada por la convergencia de niveles bajos la que se usa para saturar la columna nubosa

y producir, por condensación en el ascenso, la precipitación convectiva y para humedecer la columna del ambiente no saturado. La partición de la cantidad de vapor disponible entre ambas opciones se hace a través de un parámetro del esquema.

Según K. Emanuel (Emanuel 1994, pag. 532) [4] la limitación más importante de este esquema es su impedimento artificial a la liberación de energía de flotación. La presencia de dicha energía es una condición necesaria pero no suficiente (hace falta también convergencia de humedad en niveles bajos) para la activación del esquema; el resultado es que la radiación y otros procesos de mesoescala pueden inestabilizar la atmósfera sin que el esquema permita la liberación de esta energía. Dicha liberación puede entonces producirse en áreas pequeñas pudiendo dar lugar a lo que se conoce en predicción numérica como tormentas de punto de rejilla («gridpoint storm») que dan lugar a inestabilidades computacionales en el seno de los modelos.

4.2. Esquema de Betts-Miller

El esquema de Betts-Miller (Betts y Miller 1984) [2] es probablemente el representante más conocido de un tipo de esquemas de convección llamado de «ajuste penetrativo» ya que intentan llevar a las columnas atmosféricas hacia un equilibrio de estabilidad neutra a través de los efectos producidos por la convección, sin simular explícitamente un modelo nuboso.

La esencia de este esquema es relajar los perfiles de temperatura y humedad específica del flujo a gran escala (variables resueltas por el modelo) hacia perfiles de referencia calculados a partir de suposiciones deducidas del estudio estadístico de las observaciones tomadas en experimentos de campo en los Trópicos. La parte de vapor de agua condensada en el proceso de relajación es la que se toma como precipitación del esquema.

El esquema tiene en cuenta diferentes métodos de cálculo para los perfiles de referencia según que se trate de convección superficial (sin precipitación) o convección profunda (con precipitación).

La gran ventaja de este esquema es que no pone limitaciones artificiales a la liberación de energía de flotación ya que la convección ocurre donde la columna vertical es condicionalmente inestable tratando de que el perfil vuelva a la neutralidad. Otra ventaja desde el punto de vista de los modelos numéricos es la gran sencillez del esquema que hace que consuma muy poco tiempo de cálculo.

La principal desventaja es que no hay hipótesis universales para el perfil de referencia de la humedad específica. Así como está perfectamente demostrado por las observaciones que la convección produce columnas verticales en equilibrio de estabilidad neutro, no hay ninguna evidencia observacional de cual es el perfil de humedad resultante, por lo que el esquema puede dar buenos resultados en ciertas partes del planeta y malos en otras.

4.3. Esquema de Tiedke

Este esquema forma parte del grupo de los llamados «esquemas de flujo de masa» cuyo representante más conocido es el esquema de Arakawa y Schubert (Arakawa y Schubert 1974) [1]. Nosotros hemos elegido el esquema de Tiedke como representante de esta clase debido a que es el usado en el modelo operativo del CEPPM.

El esquema (Tiedke 1989) [17] considera una población de nubes en las que los efectos del conjunto son descritos por un modelo unidimensional único de nube. En el esquema se tienen en cuenta los efectos de las corrientes convectivas descendentes («downdrafts»). Además están representados varios tipos de convección, convección

penetrativa en conexión con el flujo convergente a gran escala, convección superficial (no precipitativa) como la que se produce en los Cumulus de la zona del alisio, y convección de niveles medios (con base de nubes en niveles medios de la atmósfera) como la que se produce en masas de aire potencialmente inestables que se encuentran encima de la capa límite (caso de convección en frentes cálidos).

La condición de «cierre» («closure») del esquema para determinar el flujo de masa del conjunto es que la convección profunda y la de niveles medios son mantenidas por la convergencia de humedad a gran escala (condición de tipo Kuo) y la convección superficial es mantenida por el aporte de vapor producido por la evaporación superficial.

La principal ventaja de este esquema es su formulación realista en términos de flujo de masa, ya que esto es precisamente lo que ocurre en el interior de las nubes convectivas (corrientes ascendentes y descendentes). Su principal desventaja es que al incluir una condición de cierre de tipo Kuo puede también aplicársele la crítica establecida antes para el esquema de Kuo.

4.4. Esquema de Sundqvist

Este esquema no es muy conocido en la bibliografía sobre modelos de predicción numérica. Le incluimos aquí porque se trata del esquema usado por el modelo Hirlam.

Más que un esquema de convección se trata de una parametrización de todos los procesos relacionados con la condensación. Consta, por tanto, de una parte que tiene que ver con los procesos convectivos (se trata de un esquema de tipo Kuo) y de otra que trata los procesos de condensación a gran escala y de microfísica de nubes (procesos de Bergeron-Findeisen y de coalescencia).

La principal ventaja del esquema es que hace un tratamiento más racionalizado de los efectos de la condensación en la atmósfera al tratar conjuntamente todos ellos. Además incluye el agua de nube como variable de pronóstico, lo que permite una cierta memoria temporal de los procesos de condensación través de la advección de la citada variable. Finalmente, la parametrización de algunos procesos de la microfísica de nubes, aunque incipiente, es importante a la hora de dar resultados de precipitación más realistas.

Los principales inconvenientes son dos. El primero proviene del hecho de que introduce una nueva variable de pronóstico con lo que el tiempo de cálculo es mucho mayor que en los otros esquemas. El segundo es que al parametrizar la microfísica introduce una cantidad apreciable de parámetros que deben ser ajustados antes de que el esquema pueda ponerse operativo. El ajuste de este tipo de parámetros que no tienen una base observacional siempre es una labor complicada y de inciertos resultados.

4.5. Esquema de Emanuel

Se trata de un representante del grupo de esquemas conocidos como «esquemas basados en modelos nubosos de mezcla episódica». El esquema de Emanuel (Emanuel 1991) [5] se basa en el hecho de que durante el ascenso en las corrientes convectivas las burbujas de aire se van mezclando con el aire ambiente (proceso de «entrainment»), pero mientras que otros esquemas tienen en cuenta una mezcla continua, en éste la mezcla es episódica, o sea, discontinua. Tras los procesos de mezcla las nuevas burbujas de aire ascendente creadas evolucionan hasta su nivel de equilibrio en el que se mezclan con el ambiente (proceso de «detrainment») calentándolo y humedeciéndolo. Una fracción del vapor de agua condensado durante el proceso de ascenso del aire es convertido en precipitación. Esta precipitación se toma como punto de partida de las corrientes convectivas descendentes (« downdrafts») en las que se evapora parte de ella.

Una ventaja de este esquema es su habilidad para manejar tanto convección precipitante como no precipitante (superficial) sin necesidad de imponer ninguna condición artificial para separarlas. Su principal inconveniente, que hace que no se haya incluido hasta ahora en ningún modelo operativo de predicción, es el gran número de operaciones necesarias para completar el esquema, es decir, que su coste computacional es excesivo.

Se trata sin embargo de un esquema muy ajustado con respecto a las bases de datos de los experimentos de campo sobre convección que se han venido realizando en diversas partes del Trópico en los últimos 30 años (GATE, TOGA-COARE, etc.). Desde ese punto de vista, los parámetros ajustables del modelo tienen valores que están razonablemente validados contra esas bases de datos.

5. Validación de los esquemas de parametrización de la convección

Dada la complejidad y las incertidumbres implicadas en los esquemas de parametrización de la convección es muy importante su validación contra datos reales. Como prácticamente todos los esquemas de convección son unidimensionales en el sentido de que solo se tienen en cuenta transportes en la dirección vertical, los métodos de validación pueden dividirse en dos tipos. En el primero se trata de construir modelos unidimensionales que incluyen el esquema a verificar y probarlos con los datos de los experimentos de campo (GATE, etc.). Se trata entonces de la validación mediante modelos unidimensionales.

El segundo método consiste en incluir el esquema en un modelo de predicción numérica del tiempo. A su vez este método puede subdividirse en dos, en el primero de ellos se hacen experimentos en uno o varios casos de estudio de los que se tienen medidas de variables observadas, principalmente la precipitación y verificar los resultados del modelo contra las observaciones. En el segundo método de los señalados con los modelos, se trata de incluir el nuevo esquema de convección en el modelo y realizar lo que se conoce con el nombre de una pasada paralela, o sea, durante un periodo de tiempo determinado se integran las dos versiones del modelo de predicción, cada una con su correspondiente esquema de convección y se realiza una verificación objetiva frente a observaciones de la red sinóptica clásica. Del resultado de la verificación objetiva puede deducirse cual de los dos esquemas se adapta mejor al modelo de predicción utilizado.

A continuación vamos a ilustrar estos métodos con algunos ejemplos de los esquemas antes citados.

5.1. Modelos unidimensionales

Hay que tener en cuenta que todos los esquemas que dan lugar a convección de acuerdo con la estabilidad de una columna vertical establecerán condiciones de equilibrio estadístico después de un determinado periodo de tiempo, siempre que no se pongan condiciones artificiales a la liberación de energía de flotación. Un método frecuente de validación de esquemas de convección es comparar las tendencias convectivas observadas en los experimentos de campo con las predichas por el esquema sobre uno o varios intervalos de tiempo. A estos métodos se les llama «tests de semipronóstico», y en ellos se le dan al esquema los perfiles observados de temperatura, humedad específica, enfriamiento radiativo, velocidad vertical, advecciones horizontales de temperatura y humedad y flujos superficiales y se obtienen del esquema las tendencias convectivas de temperatura y humedad específica que pueden compararse directamente con las

observaciones. La predicción asociada de precipitación puede también verificarse contra la observada.

Como ejemplo de la aplicación de estos métodos vamos a considerar la base de datos del experimento GATE que tuvo lugar en un área entre 4 y 14 N y 19 y 28 W desde las 00 Z del 18 de Septiembre de 1974 hasta las 24 Z del día 30 del mismo mes. En la figura 2 representamos los errores medios y cuadráticos medios de las predicciones a 3 horas de temperatura hechas en un experimento de semipronóstico con los datos del GATE y con el esquema de Emanuel y con el esquema de Betts-Miller. En la figura 3 se presentan las verificaciones de la humedad relativa.

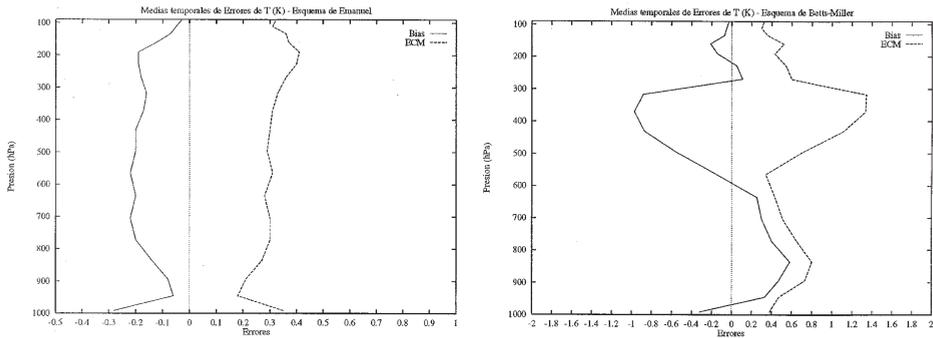


Figura 2. Resultados de las predicciones de Temperatura en el experimento de semipronóstico con los datos del GATE (izquierda esquema de Emanuel y derecha esquema de Betts-Miller).

Los resultados de la verificación de la precipitación se presentan en la figura 4. En el panel de la izquierda se representa la serie temporal de intensidades de precipitación medidas durante todo el experimento, mientras que en el de la derecha se presentan los resultados obtenidos con el esquema de Emanuel.

Finalmente, en la figura 5 se presentan los resultados medios durante todo el periodo de las tendencias temporales de temperatura y humedad específica predichas con el esquema de Emanuel. Puede observarse como en niveles bajos de la atmósfera se produce un calentamiento debido a la condensación del vapor de agua en las corrientes ascendentes (la tendencia de humedad es negativa), mientras que en niveles altos de la troposfera el signo de las tendencias se invierte.

Un problema con las bases de datos existentes, como la del GATE, es que las medidas de humedad relativa se vuelven muy malas a bajas temperaturas, donde las humedades absolutas son muy bajas. Por lo tanto, es muy difícil la validación de los resultados de los esquemas en la alta troposfera. Esta es una limitación muy importante ya que pequeñas cantidades de vapor de agua en la alta troposfera tienen gran efecto sobre la transferencia radiativa de los modelos, y son esos resultados de los esquemas los más difíciles de verificar.

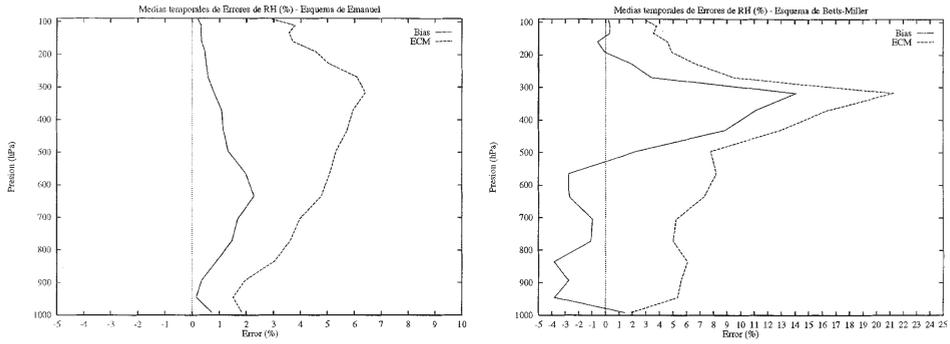


Figura 3. Resultados de las predicciones de Humedad Relativa en el experimento de semipronóstico con los datos del GATE (izquierda esquema de Emanuel y derecha esquema de Betts-Miller).

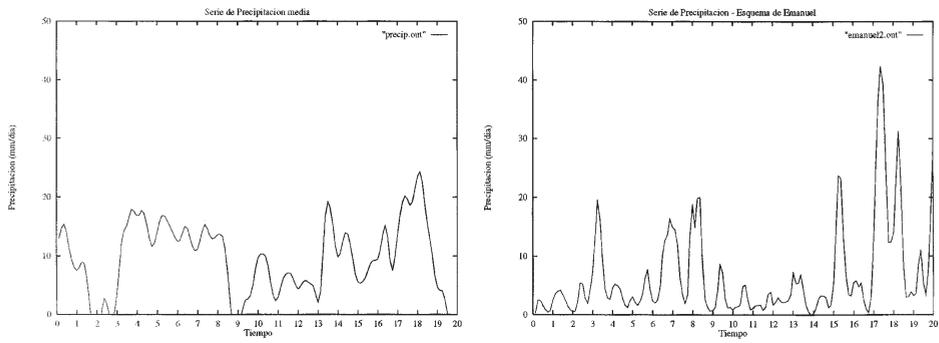


Figura 4. Observaciones de la intensidad de precipitación durante el experimento GATE (izquierda) y Predicciones con el esquema de Emanuel (derecha).

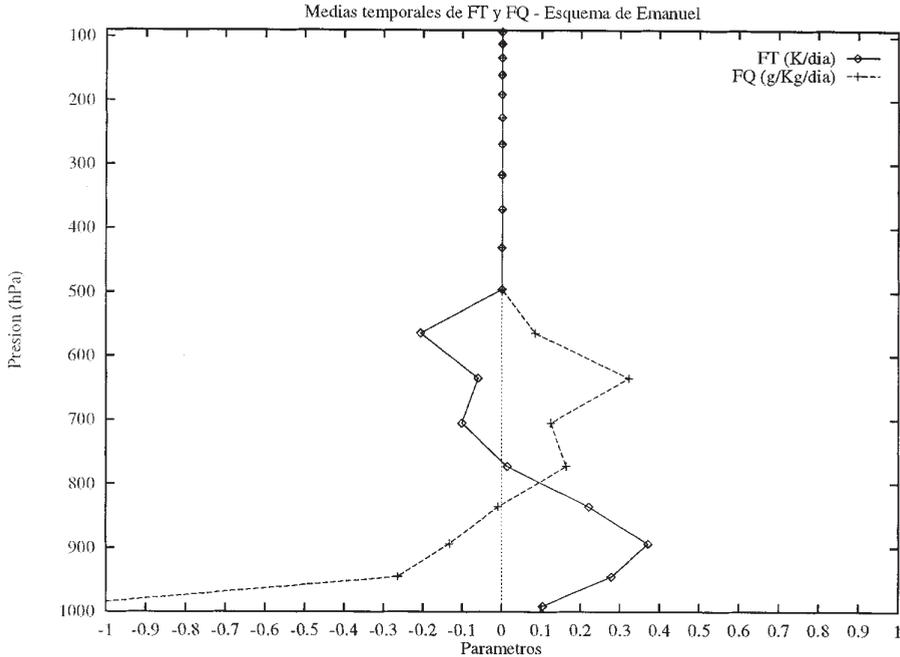


Figura 5. Valores medios de las predicciones de las tendencias temporales de la temperatura y la humedad específica durante el GATE obtenidas con el esquema de Emanuel.

5.2. Experimentos con el modelo Hirlam

Se trata de una manera ligeramente diferente de verificar los esquemas de convección. Principalmente se usa en aquellos esquemas cuya sencillez teórica permite pensar en su aplicación en modelos de predicción numérica del tiempo.

El procedimiento se basa en elegir varios episodios en los que predominen los efectos de la convección y en los que se disponga de observaciones fiables de intensidades de precipitación. Se realizan integraciones con el modelo de predicción en el que se incluye el esquema de convección objeto de validación. Los resultados de la integración en cuanto a campos clásicos (presión en superficie, geopotencial en altura, etc.) se comparan con las observaciones correspondientes, bien de manera objetiva, o bien de manera subjetiva, tratando de verificar si el modelo en conjunto ha sido capaz de reproducir la situación de mesoescala en la zona de interés (por ejemplo, el Mediterráneo Occidental). La cantidad y distribución espacial de la precipitación suele ser objeto de verificaciones más cuidadosas, ya que se trata de un resultado directo del esquema de convección y de una de las variables más importantes en cuanto a su predicción cuantitativa.

En el Servicio de Predicción Numérica del INM se han ensayado algunas validaciones de este tipo (García-Moya 1995, 1996a, 1996b, 1996c) [6], [9], [7], [8]. Vamos a poner aquí como ejemplo la realizada como ensayo previo a la introducción de una nueva parametrización de la convección en el seno del esquema de condensación de Sundqvist, que es el usado por el modelo Hirlam (García-Moya 1996c) [8].

5.2.1. Caso de estudio

El caso de estudio elegido es la situación del 7 al 9 de Octubre de 1992 en la que se produjeron precipitaciones de hasta 170 mm/24 h en zonas de la costa de Valencia y en la isla de Ibiza. Una descripción detallada del caso de estudio y de las validaciones de los distintos esquemas puede encontrarse en las publicaciones ya citadas. Como ejemplo mostramos en la figura 6 el resultado de la comparación de las cantidades de precipitación entre las 06 Z del día 9 obtenidas a partir de la versión del esquema de Sundqvist que actualmente tiene el modelo Hirlam y la nueva versión que incluye el esquema de Tiedke como parte convectiva del esquema de Sundqvist.

Lo primero que suele llamar la atención cuando alguien observa los resultados de precipitación dados por un modelo numérico en casos en los que en realidad ha habido grandes cantidades de precipitación es que los modelos siempre suelen dar mucha menos cantidad de precipitación que la medida. Para explicar esta discrepancia aparente hay que hacer dos consideraciones.

La primera es que al tratarse la convección de uno de los procesos no resueltos explícitamente por el modelo los resultados, en forma de precipitación, no pueden ser tan buenos como en lo que a otras variables se refiere.

La segunda, y tal vez más importante, es el sentido en el que se tomen las precipitaciones obtenidas del modelo. Hay que tener en cuenta que los resultados del modelo son representativos del área abarcada por un cuadrado de rejilla (en el caso de 50 Km de resolución horizontal, 2500 Km²) mientras que las medidas puntuales de precipitación no son representativas de áreas tan grandes (al contrario de lo que ocurre, por ejemplo, con la temperatura). Por tanto, si en un determinado episodio de precipitación intensa calculáramos el promedio caído en un área equivalente al de un cuadrado de rejilla, es evidente, que las cantidades serían mucho menores que las medidas puntualmente, en ese sentido, la comparación con los resultados dados por el modelo sería mucho mejor.

Por tanto, es muy importante que cuando se trabaja con resultados de precipitación de un modelo numérico se tengan en cuenta las anteriores consideraciones, sobre todo, la segunda en lo que se refiere a la resolución horizontal del modelo.

5.2.2. Pasada paralela

Como ejemplo de verificación mediante pasada paralela elegiremos la realizada para la validación de la nueva versión del esquema de Sundqvist antes comentada (García-Moya 1996c) [8].

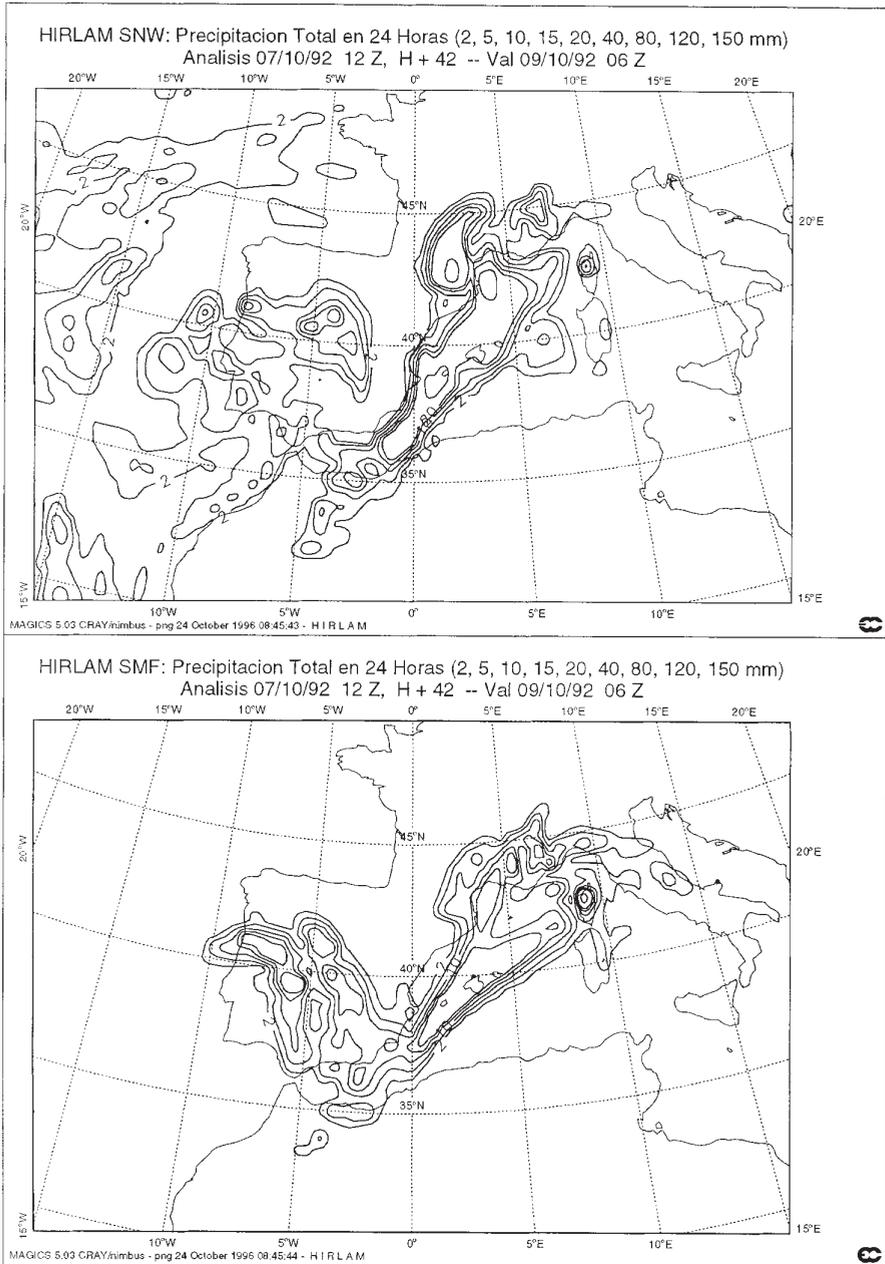


Figura 6. Comparación de las precipitaciones obtenidas con la versión de referencia del esquema de Sundqvist (arriba) y con la versión modificada (abajo).

Se eligió una semana entre el 3 y el 10 de Octubre 1994. Se realizaron integraciones con cada una de las versiones hasta 48 horas cada 6 horas, usando como campo previo de cada análisis la predicción H+6 de la pasada anterior. Para cada hora del análisis se realizaron verificaciones objetivas comparando los valores obtenidos a partir de las versiones del modelo con las observaciones correspondientes.

Los parámetros verificados son presión al nivel del mar, temperatura a 2 metros, nubosidad y viento a 10 metros. En cuanto a la verificación en altura, se obtiene para geopotencial, temperatura y viento a 1000, 850, 700, 500 y 250 hPa.

Como ejemplo de los resultados obtenidos representamos en las figuras 7 y 8 una selección de gráficas de errores medios (bias) y errores cuadráticos medios para la presión al nivel del mar, la temperatura a 2 metros y el geopotencial y la temperatura a 500 hPa. Puede observarse en ellas la ligera mejora que se consigue con la nueva versión del esquema ensayada.

Normalmente, estas pasadas paralelas suelen hacerse de un mes de duración antes de poner en operación cualquier modificación en el modelo.

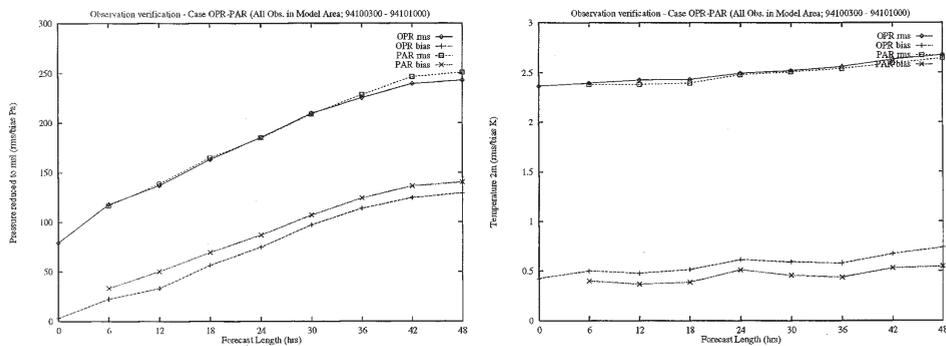


Figura 7. Verificación de la presión en superficie (izquierda) y de la temperatura a 2 metros (derecha) de la pasada paralela con la nueva versión del esquema de Sundqvist. OPR es la versión operativa y PAR es la versión con el nuevo esquema.

6. Conclusiones

En este artículo hemos tratado de dar una visión simple y general del papel que juegan los procesos convectivos en la atmósfera y del modo en que intentan representarse sus efectos en los modelos de predicción numérica del tiempo.

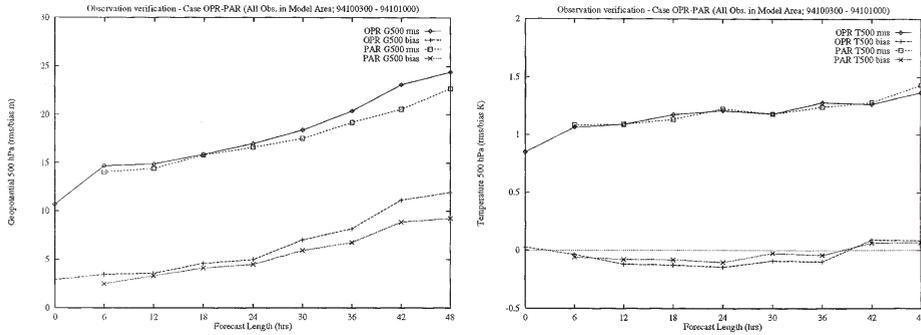


Figura 8. Verificación del geopotencial (izquierda) y la temperatura (derecha) de 500 hPa de la pasada paralela con la nueva versión del esquema de Sundqvist. OPR es la versión operativa y PAR es la versión con el nuevo esquema.

Dicha representación se lleva a cabo mediante los llamados esquemas de parametrización de la convección. Hemos repasado de manera cualitativa las características generales de los principales esquemas que se usan actualmente.

La validación de los resultados de los distintos esquemas es una tarea tan difícil como la formulación de los propios esquemas. Hemos mostrado someramente cuales son los principales métodos de validación que se usan corrientemente en meteorología, dando algunos ejemplos a partir del trabajo realizado en la sección de parametrización y postproceso del Servicio de Predicción Numérica del INM.

7. Bibliografía

- [1] A. Arakawa and W. H. Schubert. «Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment», part I. *J. Atmos. Sci.*, 31:674-701, 1974.
- [2] A. K. Betts and M. J. Miller. «A new convective adjustment scheme». *ECMWF Technical Report*, 43:65, 1984.
- [3] K. Emanuel and D. J. Raymond. «The Representation of Cumulus Convection in Numerical Models». *Amer. Meteor. Soc.*, 1993.
- [4] K. A. Emanuel. *Atmospheric Convection*. Oxford University Press, New York, 1994.
- [5] K. A. Emanuel. «A scheme representing cumulus convection in large-scale models». *J. Atmos. Sci.*, 48:2313-2335, 1991.
- [6] J. A. Garcia-Moya. «Betts-Miller convection scheme in hirlam». *Hirlam Newsletter*, 20:22-36, 1995.
- [7] J. A. Garcia-Moya. «Different convection schemes over the iberian peninsula». *XXI European Geophysical Society Assembly*, Proceedings Volume, 1996.
- [8] J. A. Garcia-Moya. «Mass flux scheme in sundqvist». *Hirlam Workshop on Physical Parameterization*. Proceedings Volume:in press, 1996.
- [9] J. A. Garcia-Moya. «Una nueva parametrización de la convección en el modelo hirlam». *IV Simposio Nacional de Predictores*, Volumen de Comunicaciones:en prensa, 1996.
- [10] G. J. Haltiner and R. T. Williams. *Numerical Weather Prediction and Dynamic Meteorology*. John Wiley and Sons, 1980.
- [11] A. Jansa, J. A. Garcia-Moya and E. Rodriguez. «Numerical experiments about mediterranean heavy rain and algerian cyclogenesis». *INM Technical Report*, page 200, 1990.
- [12] H. L. Kuo. «On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection». *J. Atmos. Sci.*, 22:40-63, 1965.
- [13] H. L. Kuo. «Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow». *J. Atmos. Sci.*, 31:1232-1240, 1974.
- [14] P. Lynch. «Richardson's marvellous forecast». *International Symposium on the Life Cycle of Extratropical Cyclones*, Proceedings, 1994.
- [15] H. Savijarvi. «Fast radiation parameterization schemes for mesoscale and short-range forecast models». *Mon. Wea. Rev.*, 29:437-447, 1990.
- [16] H. Sundqvist, E. Berge, and E. Kristjansson. «Condensation and cloud parameterization studies with a mesoscale numerical weather prediction model». *Mon. Wea. Rev.*, 117:1641-1657, 1989.
- [17] M. Tiedke. «A comprehensive mass flux scheme for cumulus parametrization in large scale models». *Mon. Wea. Rev.*, 117:1779-1800, 1989.

**Aplicación de una
recta de Teissier a la
depuración de una
base de datos
termopluviométricos
mensuales**

José Antonio Guijarro
*Instituto Nacional de
Meteorología. Centre
Meteorològic a les Illes
Balears*

Miguel Morey
*Departament de
Biologia Ambiental.
Universitat de les Illes
Balears*

Aplicación de una recta de Teissier a la depuración de una base de datos termopluviométricos mensuales

José Antonio Guijarro Pastor

Instituto Nacional de Meteorología, Centre Meteorològic a les Illes Balears

Miguel Morey Andreu

Departament de Biologia Ambiental. Universitat de les Illes Balears

Resumen

Se han ensayado varios métodos, basados en el análisis de regresión, para rellenar y depurar series termopluviométricas mensuales y anuales. La regresión simple (modelo I) ha proporcionado resultados similares a los de la recta de Teissier en las series termométricas, si bien en las pluviométricas esta última ha mejorado ligeramente la calidad de las estimaciones. En cambio, en el caso de las precipitaciones anuales, tanto una como otra han resultado inadecuadas, especialmente en casos de extrapolación, y se ha tenido que recurrir al sencillo método de las proporciones.

Abstract

Several regression based methods have been tested to check the quality and estimate the missing values of monthly and yearly thermopluviometric series. Simple regression (model I) yielded similar results as the Teissier regression when applied to the thermometric series, though this last method slightly improved the estimation of the pluviometric missing values. On the other hand, both methods were inadequate for yearly precipitation data, specially in cases where extrapolation was needed, and the simpler ratio method had to be applied, giving better results due to its higher robustness.

Jose A. Guijarro (pmd@inm.es). Sección de Estudios y Desarrollos. Centro Meteorológico en Illes Balears, Palma de Mallorca, E-07071 (Spain). Phone: (9 or 34) 71-403851. Fax: (9 or 34)71-404626

Recepción del manuscrito, octubre de 1996

1. Introducción

Los estudios sobre el clima tienen gran interés por su incidencia sobre disciplinas y actividades tan variadas como: agricultura, ecología, industria, obras públicas, hidrología y abastecimiento de aguas, transportes, turismo, deportes, urbanismo y ordenación del territorio. Puede decirse pues que cualquier actividad humana está condicionada, en mayor o menor grado, por el clima.

No obstante, las series de datos climatológicos (normalmente de varias estaciones), materia prima para cualquier estudio, muy frecuentemente están incompletas o no son coincidentes en el tiempo. Se hace necesario entonces seleccionar un periodo temporal que sirva de referencia, con objeto de que los valores climatológicos obtenidos a partir de dichas series sean comparables entre sí.

Cuando resulta suficiente trabajar con los valores medios de las series, se recurre habitualmente a métodos como los de las proporciones o las diferencias (CONRAD y POLLACK, 1962; JANSA, 1969), que corrigen las medias de las series incompletas para estimar las correspondientes al periodo de referencia. Pero si deseamos calcular otros parámetros (desviaciones típicas, etc) o efectuar otro tipo de estudios (análisis temporales, etc) resulta conveniente tratar de completar las series estimando los datos ausentes. Además, estas estimaciones pueden permitir contrastar los datos existentes en busca de posibles errores.

Algunas metodologías operan sobre series individuales, tratando de encontrar discontinuidades debidas a cambios de emplazamiento, de instrumentación, u otras causas (POTTER, 1981; GARRIDO et al., 1996). Una vez encontrada la discontinuidad, pueden corregirse los valores anteriores a la misma para que la serie resulte homogénea. Sin embargo, estos métodos no distinguen entre las discontinuidades artificiales, debidas a cambios en las prácticas de observación, de las naturales, que reflejan verdaderas fluctuaciones climáticas.

Los métodos de homogeneidad relativa superan este problema mediante la comparación de los datos de una estación con los de las estaciones vecinas. De este modo, las discontinuidades que coinciden en el tiempo en una misma área geográfica pueden suponerse debidas a cambios reales de los elementos del clima en esa zona (ALEXANDERSSON, 1986; BAKER et al., 1995).

Diferentes autores han empleado análisis de regresión lineal para estimar los datos de una estación climatológica en función de los de las estaciones próximas a ella (MATEO, 1956; ARLERY et al., 1973; FELICISIMO y ALVAREZ, 1980). Para ello se suele aplicar el modelo I de regresión, en el que se supone que la variable dependiente no se halla sujeta a errores (SOKAL y ROHLF, 1980).

Sin embargo las series de datos climatológicos son, a priori, todas igualmente susceptibles de contener errores. Cabría emplear entonces una recta de regresión ortogonal, en la que el ajuste a la nube de puntos se realiza haciendo mínimos los cuadrados de las desviaciones en dirección perpendicular a la misma. No obstante, por su mayor sencillez se ha preferido ensayar una recta de Teissier o «eje mayor reducido» (DAGET, 1979): $y = \pm x$, donde x e y son las variables independiente y dependiente en su forma tipificada (restando a cada valor original, X o Y , su promedio, y dividiéndolo por su correspondiente desviación típica), y el signo que hay que tomar es el del coeficiente de correlación, r . (Con esta notación, el modelo I de regresión se formularía: $y = r \cdot x$).

Aquí ensayaremos ambos métodos para comparar sus resultados. Para ello los aplicaremos a la depuración de un conjunto de datos mensuales termopluiométricos de Baleares correspondientes a los 20 años del periodo 1961-80, obtenidos en su día (GUIJARRO, 1986) de los archivos del Centro Meteorológico de Baleares. Concretamente se trata de los totales mensuales de precipitación de 109 estaciones que contaban con al menos 15 años de observación en el citado periodo, y los de temperaturas máximas y mínimas mensuales (medias y extremas) de 34 estaciones con un mínimo de 5 años de observación. También se han utilizado los totales anuales de precipitación de 57 estaciones que, sin alcanzar los 15 años de observación, tenían un mínimo de 10. Con objeto de

minimizar el problema de la fragmentación de las series, se han unificado las resultantes de pequeños cambios de emplazamiento.

En cuanto a la distribución geográfica de las estaciones, de las 109 pluviométricas, 93 se hallan en Mallorca, 10 en Menorca, 4 en Ibiza y 2 en Formentera, y de las 34 termométricas, 25 corresponden a Mallorca, 5 a Menorca y 4 a Ibiza. (Unas pocas estaciones no se hallaban exactamente en estas islas, sino en islotes adyacentes a las mismas).

2. Primeros análisis

En primer lugar se efectuaron análisis de regresión lineal entre la estación del aeropuerto de Palma, que no presenta ninguna laguna de observación, y todas las demás. Además de realizar los análisis mes por mes, también se analizaron los datos tanto globalmente (todo el año) como agrupados según las estaciones del año (asignando a la primavera los meses de marzo, abril y mayo, y así sucesivamente).

En la tabla 1 se relacionan los valores medios y desviaciones típicas de los coeficientes a y b (de las rectas de regresión $Y=a+b.X$) y r^2 (coeficientes de determinación), obtenidos en los análisis pluviométricos.

Se observa en general una gran variabilidad en los diversos valores, sobre todo en los coeficientes 'a' de las ecuaciones mensuales, afectados de unas elevadas desviaciones típicas. Esta variabilidad es lógica si tenemos en cuenta la gran aleatoriedad de la precipitación, tanto en el espacio como en el tiempo, y para las regresiones a nivel mensual se añade también el efecto de un reducido número de datos, ya que los valores individuales, es decir, entre el aeropuerto de Palma y una sola estación pluviométrica, se basan en un número de pares de datos que oscila entre 15 y 20.

El valor medio de los términos independientes de las 108 ecuaciones globales de regresión es: $a = 8,04$, pero con una elevada incertidumbre: su desviación típica vale 20,27, por lo que puede aceptarse que la recta de regresión media pasa próxima al origen de coordenadas.

En cuanto a los coeficientes de regresión de estas mismas ecuaciones, presentan un valor medio de $b = 0,58$, con una desviación típica de 0,041. Este valor medio, claramente inferior a la unidad, es indicativo de que el aeropuerto de Palma está situado en una zona relativamente árida de Baleares.

Puesto que los valores medios de los coeficientes 'a' y 'b' de las ecuaciones globales (empleando todos los meses simultáneamente) de regresión interceptan la totalidad de los intervalos de confianza del 95% de los coeficientes 'a' de las ecuaciones mensuales, y casi todos los de los coeficientes 'b', podemos concluir que las variaciones que presentan estos coeficientes de unos meses a otros no son suficientemente significativas, y basta por tanto con emplear las ecuaciones globales. (Los coeficientes de las ecuaciones estacionales tampoco ofrecieron grandes diferencias).

Sí resultan significativas, en cambio, las diferencias que de un mes a otro arrojan los coeficientes medios de determinación de estas mismas ecuaciones, que oscilan entre 0,361 en octubre y 0,790 en abril, cuando el valor medio en las ecuaciones globales es de 0,573. Un valor elevado de r^2 representa una mayor regularidad en la distribución de las precipitaciones, por lo que los bajos valores de las ecuaciones de los meses de verano y otoño pueden interpretarse como indicadores del carácter más convectivo de las precipitaciones de esas estaciones frente a las de invierno y primavera, con precipitaciones

más generalizadas. (Curiosamente septiembre parece haber sido una excepción, al menos durante el periodo considerado, 1961-80).

En cuanto a los valores termométricos, se obtuvieron sendas tablas análogas a la tabla 1 (no ofrecidas aquí por razones de espacio), para temperaturas máximas mensuales, máximas diarias medias, mínimas diarias medias, y mínimas mensuales. Se observó también en ellas una gran variabilidad en todos los valores mensuales de los coeficientes. Los de regresión (b) resultan casi todos inferiores a la unidad, pero en la ecuación global ya son muy próximos a este valor. Los coeficientes de determinación nos indican que las temperaturas máximas están mejor correlacionadas que las mínimas, y las medias mejor que las extremas. Los valores de r^2 de las ecuaciones globales son muy elevados, pero también reflejan este hecho: para las medias de las máximas es de 0,974, para las medias de las mínimas, de 0,954, para las máximas mensuales, 0,928, y para las mínimas mensuales, 0,925.

3. Método de estimación

Para estimar cada dato problema emplearemos las ecuaciones de regresión de las n estaciones con mejor coeficiente de determinación con la estación problema, para las que exista el correspondiente dato de comparación. La estimación definitiva se puede obtener entonces como media ponderada de esas n estimaciones, empleando como factores de ponderación los propios coeficientes de determinación (tal como proponen RUFFRAY et al., 1981).

Con objeto de contrastar la validez de esta metodología, la aplicaremos sobre datos conocidos, de forma que podamos evaluar los errores cometidos en las estimaciones. Para ello recalcularemos las ecuaciones de regresión para el periodo 1961-73, y estimaremos con ellas los datos del periodo 1974-80.

4. Resultados y discusión

Aplicamos el método expuesto en el apartado anterior para los tres tipos de ecuaciones (mensuales, estacionales y anual), y con un número de $n = 5$ estaciones de comparación, elegido provisionalmente.

Estimamos así los datos de precipitación del aeropuerto de Palma para el periodo 1974-80 en base a las ecuaciones obtenidas con los trece años anteriores. De la comparación entre estos datos estimados y los realmente observados se obtienen los errores típicos relativos de la tabla 2 (expresados como porcentaje de los valores medios de la precipitación).

Como puede verse en la tabla, la ecuación anual es la que proporciona, en conjunto, los mejores resultados. En efecto, la media anual de los errores relativos mensuales es del 31% para las ecuaciones mensuales, 27% para las estacionales y 25% para la anual.

Con las temperaturas se realizó un proceso análogo, si bien el número de estaciones de comparación hubo de reducirse a $n = 4$ por falta de más estaciones con pocas lagunas de datos. En este caso no parece tan claro qué tipo de ecuaciones resulta más ventajoso. Las medias anuales de los errores típicos obtenidos se hallan relacionadas en la tabla 3, en la que se observan valores muy similares, que no permiten decantarse por ninguna de las tres opciones.

Así pues, vamos a elegir las ecuaciones anuales como método más deseable. En el caso de las precipitaciones porque son las que han dado los errores más bajos, y en el de las temperaturas, aunque los resultados han sido bastante parecidos entre los tres tipos de ecuaciones, por su mayor sencillez y significación, al estar basadas en un mayor número de pares de datos.

Ahora aplicaremos la metodología escogida, pero empleando una recta de Teissier en lugar de una recta de regresión clásica (modelo I). Los errores típicos relativos resultantes de la aplicación de esta recta a las precipitaciones del aeropuerto de Palma se pueden observar en la tabla 4, junto con los del modelo I, probado anteriormente. Se aprecia una disminución del error típico en siete de los meses, por cuatro en los que empeora. La media anual de estos errores es, sin embargo, del 23% para la recta de Teissier, por un 25% del modelo I: sólo un 2% de error típico a favor de la primera.

En cuanto a las temperaturas, los resultados son nuevamente muy poco claros. En la tabla 5 puede observarse lo pequeñas que son las diferencias entre los errores típicos medios anuales producidos por ambos métodos. A nivel mensual, la recta de Teissier parece disminuir ligeramente los errores en las temperaturas máximas, al contrario de lo que sucede con las mínimas (sobre todo con las mínimas mensuales).

A la vista de estos resultados, se decidió emplear la recta de Teissier por la ligera mejoría observada en la estimación de las precipitaciones, así como por la mayor coherencia conceptual de su aplicación.

Los últimos análisis efectuados fueron encaminados a determinar el número óptimo de estaciones de referencia, que provisionalmente se había fijado en 5 para las precipitaciones y 4 para las temperaturas. Se utilizaron para ello desde 1 hasta 10 estaciones, con dos conjuntos de estaciones diferentes. Con el primer conjunto, con coeficientes de determinación altos (superiores a 0,8 en las siete primeras estaciones), los mejores resultados se obtenían con mayor número de estaciones que con el segundo, cuyas estaciones presentaban coeficientes de determinación menores (sólo las tres primeras superaban el valor 0,6).

En el proceso de depuración real cabe esperar ambos tipos de situaciones: si la estación problema se halla en una zona de alta densidad de estaciones es muy probable que presente elevadas correlaciones con gran número de ellas, pero no así si la estación problema se halla relativamente alejada de las demás. Se tomaron entonces como números óptimos de estaciones de comparación unos valores intermedios entre los obtenidos con las dos simulaciones, y resultaron ser $n=4$ para las precipitaciones, y $n=3$ para las temperaturas.

5. Aplicación del método

Con estos valores de n se realizó entonces la depuración de la base de datos, seleccionando para cada estación los mejores observatorios de referencia tras calcular las matrices de correlaciones, medias y desviaciones típicas de los datos simultáneos de cada pareja de estaciones. Los datos ausentes se estimaron por el procedimiento citado, y los presentes se contrastaron admitiéndolos como válidos si quedaban incluidos en un cierto intervalo de la estimación E realizada con la estación mejor correlacionada. Si no se cumplía esta condición se volvía a intentar con la siguiente estación por orden de correlación decreciente. Si tras cinco intentos consecutivos no se conseguía la aceptación del dato, éste se rechazaba y se estimaba como si no hubiera existido. El intervalo

empleado fué: $E \pm 1,5 \cdot SE$ para las temperaturas ($SE =$ error típico de la estimación), mientras que con las precipitaciones se empleó el ($E-1,5 \cdot SE$, $E+2,5 \cdot SE$) para tener en cuenta la asimetría de su distribución de frecuencias.

Naturalmente, la elección de un intervalo de confianza más o menos adecuado no es garantía de una depuración correcta al ciento por ciento, sino que inevitablemente se rechazarán por erróneos datos que serán correctos, y pasarán por buenos otros que no lo serán (aunque no diferirán mucho de los verdaderos). No obstante, esto último no es muy perjudicial y, por otra parte, el rechazo de algunos datos correctos pero que se aparten mucho de lo que sería de esperar puede resultar beneficioso para algunas aplicaciones, puesto que aumentaría la coherencia interna de todo el conjunto de datos en una variable que, como la precipitación, presenta con frecuencia singularidades aleatorias de importancia que sólo encajarían en el conjunto total en series más largas de observación. (Esto es aplicable cuando estamos interesados en los valores medios de las series, pero en otros casos, como por ejemplo en el estudio de frecuencias de máximos pluviométricos, esta «poda» podría ser contraproducente).

A lo largo del proceso de depuración se rechazaron sólo el 0,7% de los datos mensuales pluviométricos y del 1,1 al 1,8% de los termométricos.

6. Depuración de las precipitaciones anuales

Una vez rellenas y depuradas las series mensuales se obtuvieron los totales anuales de precipitación. Estas 109 series obtenidas se emplearon para rellenar y depurar las 57 series que sólo contaban con valores de entre 10 y 14 años en el periodo de estudio escogido.

Se probó primeramente el método de regresión simple (modelo I), pero se observó que daba lugar a valores absurdos en algunas estaciones: datos negativos al rellenar la serie de Costitx, y otros de hasta más de 3500 mm en la de Son Torrella. La causa de estas irregularidades estriba en la escasa significación de los parámetros de regresión calculados en base a 10 a 14 pares de datos. Esto se observa con claridad en la figura 1, en la que aparece representada la nube de puntos formada por los datos de Costitx comparados con los de Els Olors, una de las cuatro estaciones mejor correlacionadas con ella ($r = 0,926$).

Tanto la recta de regresión modelo I como la de Teissier interceptan al eje de abscisas hacia los 500 mm, con lo que al estimar algunos de los valores ausentes con los correspondientes de Els Olors (señalados como pequeños segmentos sobre el eje X) se obtendrían valores muy bajos, e incluso negativos en dos de ellos. Vemos así que estas rectas, que suelen dar buenos resultados en casos de interpolación, pueden ser bastante inadecuadas cuando hay que extrapolar, estimando valores exteriores al rango de la nube de puntos que sirvió de base para su determinación analítica.

Para evitar la intercepción del eje de abscisas se ensayó un ajuste potencial, del tipo $Y = a \cdot X^b$ (curva continua en la figura), y también una recta que uniera el origen de coordenadas con el centro de gravedad de la nube de puntos ($Y = b \cdot X$, recta de trazos largos). En la figura se observa que la curva potencial se ajusta bien a la nube pero, aunque evita que se estimen valores negativos, algunos parecen excesivamente bajos. Esto no sucede con la recta $Y = b \cdot X$, aunque su ajuste es el más burdo de todos.

Para determinar la bondad de todos estos métodos se han realizado tres ensayos con sendas muestras de 5 estaciones cada una, todas ellas con series anuales completas, y con diversas distancias entre las estaciones: A) pequeñas (estaciones de sa Cabaneta, Palma,

Palma-Urania, aeropuerto de Palma y Establiments); B) intermedias (Algaida, Raixa, Calvià, faro de Cap Blanc y Palma); C) grandes (Artà, Palma, Port de Pollença A.M., faro de Cap de Cavalleria y aeropuerto de Eivissa).

En cada ensayo se han aplicado los cuatro tipos de estimación a cada estación, con todas las demás como estaciones de comparación, con lo que se ha efectuado un total de 60 análisis de regresión. El ajuste de las ecuaciones se ha realizado con los datos del periodo 1971-80, y con ellas se han estimado los del decenio 1961-70. De la comparación de estos datos con los observados resultan los errores típicos medios de la tabla 6.

En ella se observa como el método más simple es el que ofrece los mejores resultados. La pendiente de la recta según este método, $Y = b \cdot X$, no es sino: $b = MY / MX$ (denotando por MX y MY los promedios de X e Y, respectivamente), con lo que tenemos: $Y / MY = X / MX$. Vemos pues que se trata del conocido método de las proporciones, pero aplicado aquí a la estimación de datos individuales, y no solamente a los valores medios de las series.

7. Conclusiones

En este trabajo se ha puesto de manifiesto que para rellenar y depurar series de datos termoplumiométricos mensuales mediante análisis de regresión, basta emplear ecuaciones anuales, ya que ni las mensuales ni las estacionales han proporcionado resultados mejores (en general), con el problema adicional de contar frecuentemente con un escaso número de pares de datos, lo que hace disminuir mucho el nivel de significación de las mismas.

La comparación del modelo I de regresión con una recta de Teissier no ha resultado en una clara ventaja de ninguno de los dos métodos. Sólomente se ha apreciado una ligera mejora en la estimación de los valores mensuales de precipitación mediante la recta de Teissier.

No obstante, ninguno de los dos métodos ha resultado adecuado para completar las series anuales de precipitación, sobre todo cuando ha habido que extrapolar datos (externos a la nube de puntos). En este caso, el sencillo método de las proporciones es el que ha ofrecido las mejores estimaciones.

8. Bibliografía

- ALEXANDERSSON H, 1986.- «A homogeneity test applied to precipitation data».- *Jour. of Climatol.* 6: 661-675.
- ARLERY R, GRISOLLET H, GUILMET B, 1973.- *Climatologie. Méthodes et pratiques.*- Monographies de Meteorologie. Gauthier-Villars. Paris.
- BAKER C B, EISCHEID J K, KARL T R, DIAZ H F, 1995.- «The quality control of long-term climatological data using objective data analysis».
<http://www.ncdc.noaa.gov/gcps/papers/qc1/qc.html>.
- CONRAD V, POLLACK L W, 1962.- *Methods in Climatology.*- Harvard Univ. Press, Cambridge-Massachusset.
- DAGET J, 1979.- *Les modèles mathématiques en écologie.*- Collection d'Ecologie 8, 172 pp, Masson, Paris.

- FELICISIMO A M, ALVAREZ M A, 1982(1980).- «Caracterización climática de Asturias según la clasificación agroclimática de Papadakis».- *Avances sobre la Investigación en Bioclimatología*: 11-22, CSIC-Salamanca.
- GARRIDO J, GARCIA J A, MATEOS V L, 1996.- «Homogeneidad y variabilidad natural de series largas de precipitación».- *Anales de Física* 92: 19-31.
- GUIJARRO J A, 1986.- *Contribución a la Bioclimatología de Baleares*.- Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Balears, 2 vols., 282 y 301 pp. (inédita).
- JANSA J M, 1969.- *Curso de climatología*.- SMN B-19, 445 pp, Madrid.
- MATEO P, 1956.- *Pluviometría de Asturias*.- SMN A-28, Madrid.
- POTTER K W, 1981.- «Illustration of a new test for detecting a shift in mean in precipitation series».- *Month. Weath. Rev.* 109: 2040-2045.
- RUFFRAY P, BRISSE H, GRANJEAN G, 1981.- «Un procédé d'estimation des données manquantes fondé sur les correlations climatiques entre postes voisins».- *La Météorologie*, 24: 47-60.
- SOKAL R R, ROHLF F J, 1980.- *Introducción a la bioestadística*.- Ed.Reverte, Barcelona, 362 pp.

ANEXOS

Tabla 1.- Medias y desviaciones típicas de los coeficientes a, b y r^2 de las regresiones lineales mensuales, anual y estacionales, entre las precipitaciones mensuales del aeropuerto de Palma y las de las otras 108 estaciones pluviométricas.

	Coef. a		Coef. b		Coef. r^2	
	Media	D. típ.	Media	D. típ.	Media	D. típ.
Enero	10,07	35,80	0,474	0,054	0,558	0,043
Febrero	-0,92	19,57	0,744	0,104	0,780	0,026
Marzo	8,52	26,76	0,506	0,056	0,637	0,022
Abril	0,46	21,53	0,704	0,040	0,790	0,015
Mayo	7,08	24,08	0,669	0,053	0,584	0,031
Junio	6,54	12,93	0,594	0,044	0,448	0,037
Julio	3,28	8,46	0,712	0,195	0,372	0,077
Agosto	5,09	16,65	0,516	0,048	0,423	0,037
Septiembre	10,58	77,98	0,682	0,023	0,678	0,031
Octubre	28,21	445,36	0,587	0,080	0,361	0,048
Noviembre	12,81	43,82	0,413	0,040	0,508	0,037
Diciembre	11,55	84,28	0,534	0,053	0,602	0,035
Anual	8,04	20,27	0,580	0,041	0,573	0,018
Primavera	7,12	16,76	0,584	0,048	0,630	0,018
Verano	5,76	5,19	0,519	0,030	0,411	0,022
Otoño	16,51	104,87	0,564	0,046	0,451	0,037
Invierno	6,53	29,11	0,563	0,051	0,650	0,021

Tabla 2.- Errores típicos relativos (en %) de la estima de datos mensuales de precipitación del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión mensuales, estacionales, y anual.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
E. mens.	24	31	22	15	16	63	72	32	22	23	29	24	31
E. esta.	13	34	22	11	22	65	30	28	18	27	28	28	27
E. anual	14	28	23	12	22	52	30	24	20	29	26	23	25

Tabla 3.- Errores típicos (medias anuales en %C) de la estima de datos mensuales de temperatura del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión mensuales, estacionales, y anual.

Ecuaciones	Máx. media	Mín. media	Máximas	Mínimas
Mensuales	0,6	1,7	1,1	2,0
Estacionales	0,6	1,6	1,2	1,9
Anuales	0,7	1,6	1,4	1,8

Tabla 4.- Errores típicos relativos (en %) de la estima de datos mensuales de precipitación del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión anuales según el modelo I y según la recta de Teissier.

Recta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Modelo I	14	28	23	12	22	52	30	24	20	29	26	23	25
Teissier	16	21	20	8	20	53	23	26	20	25	27	19	23

Tabla 5.- Errores típicos medios anuales (% C) de la estima de los datos mensuales de temperatura del aeropuerto de Palma, mediante ecuaciones de regresión anuales según el modelo I y según la recta de Teissier.

Recta	Máx. media	Mín. media	Máximas	Mínimas
Modelo I	0,7	1,6	1,4	1,8
Teissier	0,7	1,6	1,3	2,0

Tabla 6.- Errores típicos medios (mm) de la estima de las precipitaciones anuales por cuatro métodos de regresión diferentes, aplicados a conjuntos de 5 estaciones próximas entre sí (A), con distancias medias (B), y alejadas (C).

Tipo de Ajuste		Conjuntos de estaciones			Media
		A	B	C	
Modelo I	$(Y = a + b \cdot X)$	70	117	164	117
Teissier	$(y = x)$	75	135	171	127
Potencial	$(Y = a \cdot X^b)$	68	112	160	113
Proporcional	$(Y = b \cdot X)$	56	89	145	97

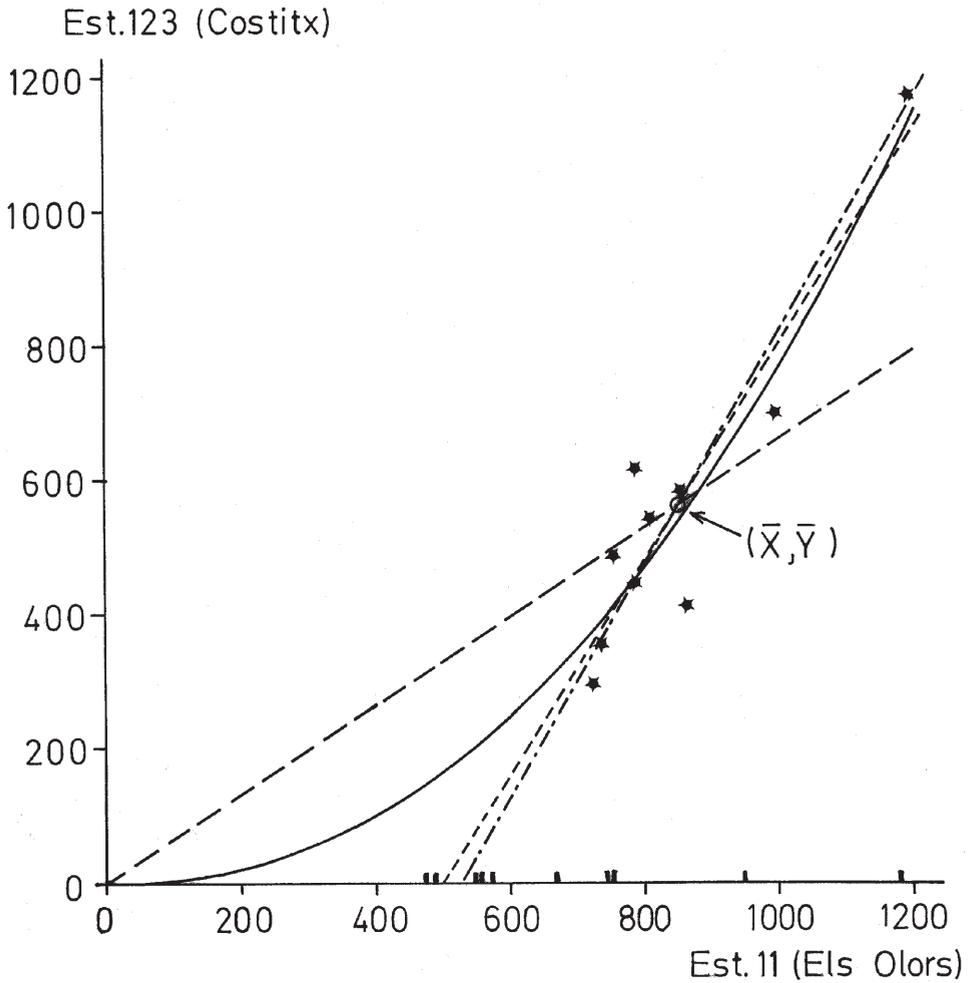


Figura 1.- Diferentes líneas de regresión entre las precipitaciones anuales de Costitx y Els Olors: lineal (trazos cortos), potencial (línea contínua), recta de Teissier (trazos y puntos), y método de las proporciones (trazos largos).

**Meteorologia
mediterrània: de
Josep M. Jansà
a avui**

Agustí Jansà Clar
*Institut Nacional de
Meteorologia
Centre Meteorològic a
les Illes Balears*

Territoris (1998), 1:
171-186

Meteorologia mediterrània: de Josep M. Jansà a avui

Agustí Jansà Clar

Institut Nacional de Meteorologia
Centre Meteorològic a les Illes Balears

Resum

Josep Maria Jansà va poder ser considerat, d'alguna manera, profeta de la meteorologia mediterrània, entesa com una meteorologia singular i específica. Una apropiada selecció d'escrits seus permet reconstruir la visió global d'aquesta meteorologia que va edificar Jansà. En aquest treball es confronta aquesta visió amb els coneixements que actualment tenim sobre la meteorologia mediterrània. El resultat de la comparació ens diu que la visió de Jansà va ser prou encertada i avançada, de manera que es pot considerar globalment vigent, tot i que hi ha hagut alguns desplaçaments quant al nivell de prioritat dels temes i que algunes idees puntuals no resisteixen la crítica actual. En canvi, algunes de les propostes de Jansà encara són un camí obert de recerca, que convé explorar amb més detall per poder millorar el coneixement actual sobre la meteorologia mediterrània.

Abstract

Josep Maria Jansà reached, in some way, the consideration of being the prophet of the Mediterranean Meteorology, understood as a singular and specific meteorology. An appropriated selection of his writings allows us the reconstruction of the global vision of the Mediterranean Meteorology that J.M. Jansà constructed. In this work this vision is confronted to the current knowledge that we have nowadays on the Mediterranean Meteorology. The result of the comparison shows us that J.M. Jansà's vision was so accurate and advanced, even to consider it globally in forced, although that some displacements could be established dealing with the priority level of the themes, and also despite of the fact that some punctual ideas does not resist an actual criticism. On the other hand, some of the proposals made by J.M. Jansà are nowadays an opened door for the research, which should be explored in depth to improve the current knowledge on the Mediterranean Meteorology.

Recepció del manuscrit, octubre de 1996

1. Introducció

És clar que la meteorologia de cada lloc concret, de cada regió concreta, és diferent de totes les altres. D'alguna manera, la meteorologia d'un lloc o d'una regió és el resultat de la interacció entre els processos atmosfèrics genèrics, si és que existeixen com a tals, i els factors geogràfics locals o regionals. El grau de singularitat del marc geogràfic d'un territori pot donar-nos, d'alguna manera, el grau d'especificitat de la seva meteorologia. A la Mediterrània, aquest fet adquireix una gran rellevància. Expressem-ho amb paraules de Josep M. Jansà, de la seva conferència a Madrid el 1964, manifest proclamador de la

singularitat de la meteorologia mediterrània: «*El Mediterráneo es seguramente una de las regiones meteorológicas mejor definidas del mundo, como consecuencia de su extraordinaria definición geográfica*» (Jansà, 1966).

No n'hi ha prou amb la seva singularitat per considerar, des del punt de vista pràctic i d'oportunitat, la meteorologia d'una regió com una disciplina, diguem-li, amb interès i autonomia. Fa falta que aquesta meteorologia singular es manifesti en una fenomenologia personal i forta. Així succeeix a la Mediterrània, on s'esdevenen una sèrie de fets espectaculars, la més gran concentració de ciclogènesi del món, les pluges extratropicals més fortes, ventades de tipus local de les més fortes i definides del món, etc. Si aquestes manifestacions, com sembla lògic, són conseqüència de la singularitat geograficometeorològica de la Mediterrània, és ben justificat considerar la meteorologia mediterrània com a objecte separat d'estudi i dedicar-hi un esforç important.

Succeeix, a més, que la meteorologia mediterrània és singularment difícil. Diu Josep M. Jansà, a la mateixa conferència abans esmentada, «*El Mediterráneo occidental es un rincón endiabladamente original, demasiado autárquico, demasiado particular y demasiado complicado. Hemos de seguir estudiándolo si queremos adivinar algún día con mayor éxito que hoy las reacciones de su carácter caprichoso*».

Hem continuat estudiant-lo i jo diria que dedicant al tema esforços cada vegada més importants. Parl d'Espanya i també de la comunitat internacional. No hi ha dubte que avui coneixem millor aquest «racó endimoniat», però encara no prou, encara ens sorprèn moltes vegades i les sorpreses són, de vegades, terrorífiques, explosions de vent o aigua que ho arrasen tot, gairebé sense avís previ.

En el que segueix tractarem de fer una comparació entre els coneixements de meteorologia mediterrània que havia acumulat Josep M. Jansà fins al 1964 i la visió que ara tenim del tema.

2. La meteorologia mediterrània segons J. M. Jansà Guardiola

Ens hem referit a la conferència de 1964 com a manifest. Consider que ho és per la contundència de les asseveracions que s'hi troben i pel marc en el qual va ser pronunciada, la sala d'actes del Servicio Meteorológico Nacional, un servei bastant endarrerit aleshores i més aviat girat cap a l'Atlàntic i la meteorologia de tipus noruec. Però aquesta conferència també és una mena de recopilació sintètica de la visió mediterrània de Jansà. Precisament des d'aleshores, Josep M. Jansà va haver d'anar deixant de banda el tema mediterrani. Destinat a Madrid l'any 1966, va dedicar els seus darrers anys de vida activa a la climatologia acadèmica i global i a les absorbents funcions dels alts càrrecs que va haver d'ocupar.

Josep M. Jansà havia anat identificant la meteorologia mediterrània com a tal, així com alguns dels seus trets fonamentals, progressivament, des de molts anys enrera, i era, als anys seixanta, qui més sabia del tema en tot l'Estat espanyol. Li ho reconeix el gran pare de la meteorologia catalana i pioner, també, de la meteorologia mediterrània, el doctor Eduard Fontseré, quan li escriu, en una carta datada el 22 de febrer de 1952, «Tindrè molt de gust en veure'l i en rebre les seves opinions sobre fets de Meteorologia mediterrània que m'interessen, i sobre els quals vostè està avui molt més documentat que jo».

Els primers estudis meteorològics mediterranis de Jansà són parcials i específics. Corresponen a l'època menorquina (1926-1939) i tracten de la tramuntana i altres vents en superfície, el perfil vertical del vent, les successions nuvoloses, etc. Es basen en

l'observació directa, seguida d'estudi i reflexió. No hi ha dubte que a Menorca la tramuntana és la més significativa i reiterada manifestació de la peculiar meteorologia mediterrània. Són fonamentals dins aquest capítol —com també destaca Campins (1998) en un altre article d'aquest volum— les observacions de vent en alçada fetes mitjançant globus pilot, des de l'observatori de la base naval de Maó.

Els clàssics articles sobre la tramuntana (Jansà, 1933), també comentats per Campins (1998), a més d'aportar nombrosos detalls descriptius sobre les característiques locals de la tramuntana a Menorca, encara útils, estableixen algunes anotacions, més genèriques i prou interessants: a) Els vents a la regió mediterrània són fonamentalment vents locals, és a dir, lligats a la geografia, i per això tenen denominacions pròpies i antigues (donades pels navegants). La tramuntana de Menorca pertany, precisament, a un sistema ampli de vents locals, que inclou el mestral francès i les tramuntanes del Rosselló i l'Empordà, i que, en conjunt, s'estén sobre una àmplia àrea de la Mediterrània occidental i és especialment fort al golf de Lleó. b) La tramuntana és, diríem avui, un corrent en raig (*jet stream*) de baix nivell, amb vent màxim entorn dels 700 m d'alçària i una abrupta discontinuïtat cap als 1.000 o 1.500 m, amb vent diferent —i més dèbil— damunt. c) Hi ha tota una varietat de situacions bàriques compatibles amb la tramuntana, malgrat la presència de baixes pressions relatives cap a l'est i d'altres cap al NW, n'és denominador comú. Normalment les baixes pressions es dibuixen com una depressió mediterrània. Un fet notable és que, almenys en cas de tramuntana forta, s'observa un desajust entre vent i gradient —sinòptic— de pressió: el vent és «excessivament» fort.

Cap al 1945, ja a Palma, comença Jansà Guardiola a construir el cos de doctrina que constituirà la seva visió de la meteorologia mediterrània. Els primers articles («Un frente tormentoso notable...», 1946, «Lluvias de barro registradas en Baleares durante la primavera de 1947», 1948, «Chubascos de primavera en Baleares», 1949) són descripció i diagnòstic de tipus específics de temps pertorbat mediterrani, amb referències concretes a casos d'estudi individuals. Des de 1951 («Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental»), s'entra en un major nivell de generalitat i teorització. Són fites significatives d'aquesta etapa, a més de l'article ja esmentat, «La masa de aire mediterránea» (1959), «Choques de presión en las irrupciones frías» (1960), «El frente mediterráneo» (1962), «La corriente en chorro mediterránea» (1963) i l'esmentada conferència de 1964, publicada el 1966.

La idea més general és la que s'ha exposat a dalt: si la Mediterrània és una regió de meteorologia especialment singular és perquè la geografia regional és especialment definida i particular. La Mediterrània, concretament la conca occidental d'aquesta mar, és vista com una cubeta, fonda, plena d'aigua relativament càlida i envoltada de muntanyes altes i gairebé contínues, que la tanquen pertot arreu, i deixen sols unes —poques i estretes— bretxes o vies de penetració (Jansà, 1951). La visió geogràfica del món mediterrani va ser expressada per Jansà Guardiola d'una manera molt gràfica i original a *Nociones de climatología general y de Menorca* (Jansà, 1961). A la figura 1 reproduïm el dibuix original, moltes vegades adaptat i utilitzat al llarg dels darrers anys.

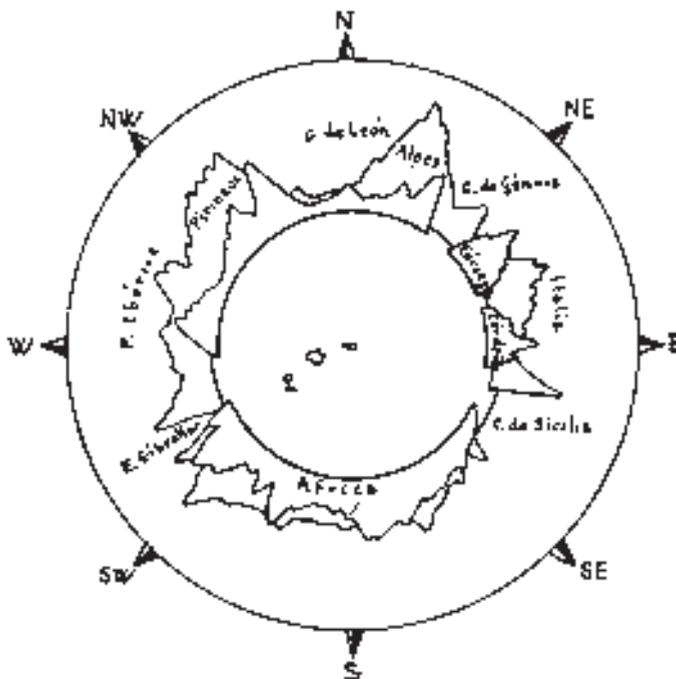


Figura 1. Visió de la Mediterrània, segons J. M. Jansà (1961).

En períodes meteorològicament poc turmentats, la singular geografia mediterrània permet l'aïllament relatiu i la transformació física —per intercanvi de calor i humitat amb l'aigua subjacent— d'una massa d'aire d'uns dos mil metres de gruix, que arriba a omplir tot el fons de la cubeta mediterrània. Es forma així la massa d'aire mediterrània, de característiques ben definides, amb gairebé independència de quina hagi estat la darrera massa d'aire externa arribada a la regió (Jansà, 1959). Quan el marc meteorològic general canvia i la Mediterrània torna a voler ser envaïda per masses d'aire externes, l'aire mediterrani hi oposa resistència, i es forma un front autòcton o, si es vol, s'accentua i es fa més lent, gairebé fins a fer-se estacionari, el front que per si mateix limita l'aire invasor. És així que la presència frontal a la Mediterrània resulta prou freqüent i característica i hom pot parlar de «front mediterrani», malgrat que a vegades no és altra cosa que el front polar, resituat dins la Mediterrània i quasi estacionat (Jansà, 1962). Per a J. M. Jansà, «*el Mediterráneo puede funcionar alternativamente como manantial de aire específico y como zona frontal*» (Jansà, 1966).

Sobre el front mediterrani es poden formar perturbacions ciclòniques violentes o activitat convectiva (Jansà, 1946, 1962, 1966). Normalment el front mediterrani limita la invasió d'aire fred, polar, però hi ha casos més complexos. Quan l'aire càlid africà empeny per entrar a la Mediterrània des del sud, al mateix temps que ho fa l'aire polar des del nord, poden formar-se una sèrie de fronts paral·lels a ambdues costes, que poden arribar a fondre's en un, amb activitat convectiva i/o pluja no convectiva, segons les circumstàncies termodinàmiques ambientals (Jansà, 1949).

D'alguna manera, si es considera que existeix un front mediterrani, a vegades autòcton, a vegades una part del front polar, i es considera que els fronts, si són gruixuts, amb un gran gruix troposfèric, han d'estar necessàriament associats a corrents en raig (*jet*

streams) a la troposfera superior, és ben clar que a la Mediterrània es pot parlar d'un corrent en raig mediterrani (Jansà, 1963). La importància que Jansà dona al tema del corrent en raig mediterrani no és directa, sinó indirecta, en relació amb el joc que aquest pugui donar sobre la generació de ciclons, sobre la ciclogènesi.

De fet, avui en meteorologia mediterrània solem considerar tres capítols centrals: a) els ciclons i les ciclogènesis, b) els grans aiguats i els sistemes convectius, i c) els vents locals. J. M. Jansà va dedicar articles i esforços específics a alguns dels vents locals, com la tramuntana, però els dos primers temes esmentats no reberen a la seva bibliografia un tractament separat. Tanmateix, no foren obviats. El tema, en concret, dels ciclons i les ciclogènesis apareix pertot arreu —amb referència a la tramuntana i les irrupcions fredes, amb referència al front mediterrani i amb referència, sobretot, com hem dit més amunt, al corrent en raig mediterrani. El tema dels aiguats, d'altra banda, no es distingeix gaire del tema dels ciclons, fronts, pertorbacions, genèricament.

Malgrat la dispersió del tractament, provem d'extreure de la seva obra les idees de Jansà Guardiola sobre els ciclons i les ciclogènesis mediterrànies. Com es pot suposar, on més idees juntes hi ha és a la repetidament esmentada conferència de 1964, però són molt significatives les que s'inclouen als articles sobre el front mediterrani (Jansà, 1962) i sobre el corrent en raig mediterrani (Jansà, 1963), anticipades, aquestes últimes, molt abans, a «A propósito del Jet Stream» (Jansà, 1953).

Jansà classifica les pertorbacions —ciclòniques— mediterrànies —amb les quals, de passada, estan relacionats les pluges fortes i els vents forts— en dos grups: frontals i no frontals (Jansà, 1966). Les pertorbacions frontals responen a l'esquema clàssic de l'Escola de Bergen: la inestabilitat ondulatòria, és a dir, el creixement accelerat en amplitud i el cargolament progressiu d'una petita ona inicial aleatòria en el front. La relativament gran importància i la gran autonomia de les pertorbacions frontals mediterrànies estarien associades a la relativament freqüent presència d'un front mediterrani i a la mateixa autonomia o autonomització (reactivació local) d'aquest front. Les pertorbacions —ciclogènesis— no frontals considerades en Jansà són les gotes fredes, les depressions de sotavent i les produïdes per «succió» dinàmica del corrent en raig.

En relació amb la gota freda, que representa la culminació (evolutiva) d'un tàlveg en altura, «*conserva consigo la fuerte vorticidad ciclónica adquirida cuando formaba parte del meandro*» i «*tiende a descender*» i a «*mezclarse con el aire subtropical que la rodea [...] al cual comunica su vorticidad*». Així es va formant un cicló superficial en resposta a la gota freda. «*Es frecuente que poco después de haberse desencadenado una de estas borrascas entre en contacto con algún segmento frontal preexistente*», aleshores «*la energía desplegada alcanza un volumen inesperado*» (Jansà, 1966, pàg. II-17).

Pel que fa a les depressions de sotavent, la gènesi de les quals Jansà Guardiola no entra a explicar, se'n menciona, no sols l'existència, sinó que s'explica que «*muchas veces funcionan como cebo de las verdaderas depresiones frontales*». «*La depresión inicial no es muy profunda, pero si encuentra terreno abonado por una situación frontogenética, puede llegar a ser espectacular*». (Jansà, 1966, pàg. II-18). S'explica així que les depressions —ciclons— prefereixin els golfs, d'una manera especial, el golf de Gènova.

En definitiva, per a Jansà Guardiola les grans ciclogènesis mediterrànies, causa d'inesperat i violent mal temps a la regió, són el resultat d'intensificar i alliberar l'energia baroclínica —frontal—, fàcilment present i accentuada a la regió, a causa d'una localització i geografia apropiades, per l'efecte superficial de les depressions a sotavent —també d'origen geogràfic (orogràfic)— i/o per l'advecció vertical de vorticitat des d'una gota freda o tàlveg profund en altura.

Jansà Guardiola addueix encara un altre mecanisme de ciclogènesi per a la Mediterrània. El va anomenar «efecte de trompa»: un màxim de vent en altura (un corrent en raig, diríem ara) suposa, per l'efecte Bernoulli, una disminució de pressió i, per tant, una succió cap a dalt. El buit provocat genera depressió en superfície sota el màxim de vent, i l'excedent d'aire és arrossegat i desplaçat cap a fora pel mateix corrent en altura (Jansà, 1953, 1963).

J. M. Jansà aprofundí, a més, en interessants detalls mesoescalars —diríem avui— sobre els corrents freds. Les irrupcions d'aire fred des del nord són vistes —quan es miren en detall— com a inundacions d'aigua sobre una vall, que és la Mediterrània, pel sobreiximent repetit de l'aire fred per damunt els vorells mediterranis, per les bretxes d'invasió i aferrat, després, a la superfície, amb un gruix clarament inferior a l'alçada de les parets de la cubeta, com s'havia observat (Jansà, 1933). La torrentada superficial d'aire fred aixeca davant seu l'aire mediterrani, tot provocant —si l'ambient hi és propici— convecció activa i grans ruixats i tempestes (Jansà, 1946). Una vegada establert el torrent d'aire fred, sobre si mateix es produeixen crescudes esporàdiques, que són com a ressalts hidràulics —un torrent per sobre del torrent que continua—, i cadascuna provoca convecció addicional, a més d'un salt cap amunt de la pressió i un reforçament del vent. Jansà (1960) va elaborar curosament la teoria hidràulica de les irrupcions mediterrànies d'aire fred. Vista la invasió freda —la tramuntanada, típicament— com una inundació, és natural que el vent sigui supergeostròfic, com s'havia apuntat anteriorment (Jansà, 1933).

3. La meteorologia mediterrània avui: les etapes de la història recent

Hi va haver poca interacció pròpiament dita entre la feina que feia Jansà Guardiola en meteorologia mediterrània i la d'altres investigadors fora d'Espanya, malgrat que hi apareixen algunes convergències. J. M. Jansà, en efecte, va treballar bastant aïllat dels corrents internacionals, fins i tot amb poca bibliografia. No va viatjar, ni va publicar fora, per manca d'oportunitats —els anys 1940-60 són precisament els d'aïllament internacional d'Espanya— i pel seu propi talant personal, reservat i bastant autosuficient.

Malgrat que ja als anys 1915-30 s'havien fet plantejaments significatius en meteorologia mediterrània, i s'hi va reconèixer la presència d'unes depressions particulars, relacionades amb l'orografia i secundàries de les principals, va ser des dels anys 1950-60 que es van dedicar esforços específics i, en certa manera, coordinats, a la qüestió. L'estament militar, l'OTAN i, en particular, les flotes britànica i nord-americana, hi van tenir molt a veure. L'època va produir un clàssic, el *Weather in the Mediterranean* (HMSO, 1962), en el qual, entre moltes altres coses, es «consagra» la idea de l'existència d'una massa d'aire mediterrània (adduïda per Jansà Guardiola el 1959, malgrat que n'hi ha antecedents més antics).

Als anys 1950-65, començades a superar les primeres formulacions de l'escola noruega, imperava a Europa i Amèrica una meteorologia sinòptica semiquantitativa per descriure les evolucions dels sistemes de pressió, basada en els models matemàtics d'Eady i Charney i en les formulacions de Sutcliffe i d'altres. Els iugoslaus Radinovic i Lalic (1959) van ser els primers a utilitzar algunes d'aquestes «noves» idees —les de Sutcliffe, en concret— per avançar en l'explicació d'un dels temes centrals de la meteorologia mediterrània: les ciclogènesis de Gènova. La intensitat i la localització dels ciclons de Gènova s'expliquen per la intensificació i deformació del front (polar), i pel bloqueig parcial de l'aire fred en tractar de travessar els Alps.

Des dels anys seixanta fins ara, en poc més de trenta anys, han succeït moltes coses. Cal destacar una doble revolució en els mitjans per a la investigació meteorològica, que ha vingut amb els satèl·lits artificials i els ordinadors electrònics —que van fer possibles els models numèrics de previsió del temps—, principalment. Una part dels anys setanta, els EUA, amb el suport d'Itàlia, Grècia i un poc de França, l'OTAN, en definitiva, van liderar la meteorologia mediterrània més coneguda (es pot esmentar l'obra de Reiter de 1975 com a feina de síntesi), malgrat que havien començat a sorgir amb molta força una escola alemanya, a Munic, i una d'italiana independent, la bolonyesa, a més de continuar viva la iugoslava.

L'any 1972, Joseph Egger (professor de Munic) va fer i va publicar el primer experiment numèric aplicat a l'estudi de la ciclogènesi mediterrània, i va demostrar, mitjançant la utilització d'un dels primers models numèrics de previsió del temps, la influència de l'orografia sobre les ciclogènesis de Gènova. S'establí la idea d'una ciclogènesi mediterrània —alpina o de Gènova— «en dos temps»: primer, un germen superficial, una depressió relativa a sotavent, efecte del bloqueig orogràfic de l'aire fred; i, segon, la transferència sobreposada de vorticitat des d'una pertorbació de nivell alt (tàlveg).

L'any 1976 els italians van crear l'*Escola Internacional de Meteorologia Mediterrània* a Sicília, tot arrellegant tots els grups dispersos d'investigadors del tema en un remarcable curs inicial. L'any 1978 Buzzi i Tibaldi (Bolonya) van consolidar, mitjançant la detallada observació d'un cas real, la teoria de la ciclogènesi en dos temps per a les depressions de Gènova: una depressió inicial a sotavent actua de germen per a un procés ulterior d'alliberament d'energia baroclínica.

Però la més gran sacsejada científica en matèria de meteorologia mediterrània va venir els anys vuitanta, amb l'experiment alpi (ALPine EXperiment, ALPEX; Kuettner, 1982), tot coincidint amb una utilització molt generalitzada dels models numèrics i l'observació no convencional (satèl·lits). Les ciclogènesis alpines de sotavent van ser profusament estudiades com a conseqüència de l'ALPEX, que les va considerar com a objecte principal de l'experiment. Es construïren teoritzacions matemàtiques complexes sobre la base de les antigues teories de la inestabilitat baroclínica (Speranza et al., 1985), que després foren sotmeses a crítica (Egger, 1988). També es varen fer conceptualitzacions molt globals (Radinovic, 1986). I, sobretot, es va fer una utilització massiva dels models numèrics per validar hipòtesis o simplement per contrastar la capacitat predictiva dels models. De passada direm que una conclusió prou general dels estudis fets a la dècada dels vuitanta és que alguns aspectes de la peculiar meteorologia mediterrània —concretament les ciclogènesis alpines o de Gènova—, havien començat a no ser tan impredecibles, tan capriciosos: els models eren capaços d'anticipar-ne els principals trets, malgrat que no els detalls, ni la intensitat, ni les conseqüències.

Les esperances obertes per l'ALPEX i la necessitat d'ampliar l'horitzó, sense restringir-se a les ciclogènesis alpines, va portar a l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) a establir, l'any 1984, un *projecte d'estudis sobre els ciclons mediterranis* (en general) i els fenòmens meteorològics connexos. Aquest projecte (MCP) no ha tingut un finançament important —com va tenir l'ALPEX—, i s'ha establert bastant lentament, però ha servit per mantenir vius un caliu i unes relacions internacionals enriquidores. Són moltes les publicacions de l'OMM sobre el MCP. Val a dir que al llarg dels darrers anys ha estat el Centre Meteorològic de les Balears el principal executor i la principal referència del MCP.

Els grups espanyols, superat l'aïllament, amb més recursos i força que abans, han participat tímidament a l'ALPEX, però han passat a coexecutar, amb França, un nou experiment d'àmbit mediterrani, l'EXperiment PYRenaic (PYREX, Bougeault et al.,

1990), i a gairebé liderar el MCP i posar sobre la taula nous temes mediterranis, com l'existència i el comportament dels anomenats sistemes convectius de mesoescala (SCM), associats a algunes de les catàstrofes mediterrànies més greus, com les inundacions valencianes de 1982 o 1987 (Rivera, Riosalido, 1986). Els SCM són un descobriment a la Mediterrània —ja era conegut el fenomen als EUA— que sols els satèl·lits han pogut posar de manifest.

Espanya comença a ser una potència reconeguda en meteorologia mediterrània, al mateix temps que en sorgeixen de noves, com Israel, mentre algunes de clàssiques, com l'italiana escola bolonyesa continuen amb tota la força i d'altres es modifiquen, com l'escola alemanya, que canvia el centre de gravetat per situar-lo a Suïssa, concretament a Zuric, sense deixar d'haver-hi activitat significativa a Munic.

4. La meteorologia mediterrània avui: algunes idees actuals, amb referència a les de J. M. Jansà

Jo diria que actualment, ja de camí cap al segle XXI, la meteorologia mediterrània és en un moment de fort impuls i replantejaments dràstics. Curiosament, aquest fascinant moment actual permet retrobar algunes de les idees de Jansà Guardiola com a prou intuïtives i profètiques.

El darrer impuls actual l'han esperonat la freqüent incidència recent de fets meteorològics singularment violents i la seva extensió espectacular cap a zones mediterrànies tradicionalment menys afectades. A Espanya, des de 1982-83, amb greus inundacions a València i Catalunya, els fets catastròfics catalogables com a típicament mediterranis s'han multiplicat. Cal destacar, una altra vegada a Catalunya i València, els episodis de 1987, o el de Mallorca de 1989. I molts d'altres. Però, a més, al llarg dels anys noranta, han estat particularment castigats el sud de França i de Suïssa i el nord d'Itàlia, a més de Grècia, Egipte, Israel i Turquia, un fet abans, o més ben dit, durant molt de temps, poc freqüent. La sensibilització, la necessitat de fer alguna cosa, ha sorgit amb força en molts països. Ha sorgit també la necessitat de superar la visió un poc estreta, gairebé monopolitzada per les ciclogènesis de Gènova i els seus fenòmens associats, típica dels anys setanta i part dels vuitanta.

Avui ens reafirmem en el principi que la singularitat meteorològica mediterrània és conseqüència de la indiscutible singularitat geogràfica de la regió. A més a més, les diferències que hi ha entre la Mediterrània occidental i la Mediterrània oriental es deuen a diferències en l'escenari geogràfic. Així com la Mediterrània occidental és gairebé tancada per muntanyes, la Mediterrània oriental té francament oberta la frontera sud, lligada sense obstacles al desert africà.

Que molts mecanismes dels que fan especial la meteorologia mediterrània succeeixen entre el nivell de les carenes muntanyenques i la superfície, dins la primera capa aèria, de 2.000 metres de gruix, és un fet del qual som, tornam a ser, ben conscients, però val a dir que ens cal traduir aquesta consciència a la pràctica operativa. Sospitam que, si no som capaços de manejar, simular i visualitzar amb més detall i cura la capa baixa, mai no progressarem prou en meteorologia mediterrània. Les eines hi són. Els models numèrics de predicció actuals tenen prou resolució vertical per fer-ho possible, però fa falta una major base d'observacions i una major atenció crítica sobre el que els models poden dir d'aquesta capa, i fan falta més facilitats per visualitzar el que hi succeeix i que els models tal vegada han començat a recollir, sense que ni ens n'adonem.

Dins la capa baixa d'aire mediterrani s'esdevenen una multitud de fenòmens essencials, com la transformació i l'homogeneïtzació de la massa d'aire —ja ho deia Jansà Guardiola—, la generació de gèrmens de depressió a sotavent —ja ho intuïa Jansà Guardiola—, la formació de fronteres —fronts superficials—, i, tal com deia el nostre antecessor, la generació, també, i l'extensió dels vents locals mediterranis, com la tramuntana i el mestral, el llevant i els ponents, el cerç, algun llebeig, etc.

J. M. Jansà va dedicar poc espai als efectes primàriament orogràfics, malgrat que sabia la importància que tenen a la Mediterrània, però no és estrany, ja que els majors avenços en efectes orogràfics s'han produït, sobretot, com a conseqüència de l'ALPEX (1982) i el PYREX (1990). Avui sabem que el fregament (*drag*) entre el corrent aeri i l'orografia és prou fort per provocar un dipol d'anomalia de pressió ben sensible, amb alta a sobrevent i baixa a sotavent, exagerat hidrostàticament pel bloqueig de l'aire a sobrevent quan l'aire incident és fred (Bessemoulin et al., 1993). El dipol orogràfic és essencial en la distribució dels vents locals, i proporciona acceleracions i frenades espectaculars (vegeu Campins et al., 1995; Campins, 1998).

La visió que avui tenim sobre els vents locals —sobre la tramuntana, en particular— no contradiu, ans al contrari, la de Jansà Guardiola. A més a més, en Jansà Guardiola hi ha un enriquiment de la idea actual, que ens ha de dur, en els anys venidors, a precisar més la nostra visió actual, en particular pel que fa a les fases transitòries, no estacionàries, de la formació i propagació dels vents locals. Han convergit recentment Sánchez-Laule i Polvorinos (1996) amb la idea de Jansà (1960) dels salts de pressió lligats a irrupcions fredes, ells, amb referència a les entrades de llevant al mar d'Alborán. I caldrà que nosaltres, amb el que hem afegit de coneixements, els apliquem a la tramuntana, per poder explicar millor les vicissituds temporals del vent, les seves extensions i els retraïments sobtats, les seves acceleracions i frenades locals.

Pel que fa a les ciclogènesi, l'anàlisi no convencional a mesoescala (Jansà, 1990) ens ha ensenyat a distingir les de caire superficial i de poc desenvolupament, de les ciclogènesi profundes o pròpiament dites. Les primeres són freqüentíssimes i les podem comptar per centenars cada any (vegeu INM, *Boletín PEMMOC*). De les segones se'n produeixen algunes desenes per any i, malgrat que no són exclusives de l'àrea alpina de Gènova, tenen la major freqüència en aquella zona. Les altres són també molt repetitives quant a localització.

Avui creiem que la millor manera de veure la ciclogènesi és pensar-hi en termes de vorticitat potencial, segons el brillant plantejament de Hoskins et al. (1985). Ja introduït per Ertel els anys quaranta, el concepte de vorticitat potencial permet simplificar molt el pensament sobre la ciclogènesi: la vorticitat potencial —una magnitud que combina vorticitat relativa (rotació, en definitiva) i estabilitat vertical de l'aire— és una magnitud conservativa en moviments adiabàtics —sense intercanvi de calor— i sense fricció. L'estratosfera, per la seva gran estabilitat estàtica, és una reserva mundial de vorticitat potencial (VP). Quan l'aire estratosfèric s'enfonsa en un punt, arrossega vorticitat potencial i es converteix en un tàlveg o en una «gota freda», en un cicló de nivell alt, amb un alt contingut de VP, que es propaga cap a baix, tot generant rotació ciclònica.

En termes dinàmics, una anomalia tèrmica positiva en nivell baix és equivalent a una anomalia positiva de VP, ja que genera, també, circulació ciclònica. D'altra banda, els processos diabàtics —escalfament—, per irradiació i sobretot per alliberament de calor latent de condensació, generen nuclis positius de VP en nivell baix. També les friccions diferencials, en particular clares als límits de les cadenes de muntanyes.

Les anomalies de VP en nivell alt poden interactuar, tot potenciant-se mútuament, amb anomalies positives de VP en nivell baix o amb anomalies positives de temperatura. És així que es generen els principals processos de ciclogènesi. Un cas especialment interessant s'esdevé quan una anomalia positiva de VP en nivell alt es connecta amb un front previ en nivell baix: la rotació induïda des de dalt genera al front una «ciclogènesi frontal o baroclínica»: s'ondula el front, tot formant una anomalia tèrmica positiva, al mateix temps que comencen a formar-se pluges, i es genera una anomalia de VP en nivell baix, de manera que el resultat és una reacció en cadena, fins a una profunda ciclogènesi, superficial i profunda al mateix temps.

A sotavent de les muntanyes que tanquen la Mediterrània, és a dir, dins la nostra regió, en particular a les zones amb configuració fisiogràfica de golf, és freqüent que, per efecte de fregament orogràfic i bloqueig d'aire fred, es formin anomalies tèrmiques positives, que es manifesten com a depressions superficials, a les quals tendeix a associar-se circulació ciclònica. També és freqüent que es formin «vetes» de VP positiva, a l'«esquerra» dels màxims de vent local associats a les anomalies tèrmiques/bàriques. Quan una anomalia de VP se sobreposa, interactua amb l'anomalia tèrmica —depressió— o amb l'anomalia superficial de VP, s'esdevé la ciclogènesi profunda, precisament allà on preexisteixen anomalies superficials de temperatura o VP de suficient entitat cadascuna o coincidents en l'espai (Tafferner, 1990; Jansà et al., 1994; Aebischer, 1996). El mateix efecte es tindria quan l'anomalia de nivell alt de VP entràs en fase amb un front superficial, amb el front mediterrani en particular. Excepcionalment, en situació frontal molt activa, que no és rara a la Mediterrània, la mateixa deformació del front per efecte del bloqueig orogràfic pot conduir a una ciclogènesi profunda, amb propagació de baix a dalt, en lloc de la més comuna interacció dalt-baix. Vegeu la figura 2. Jansà Guardiola no anava, doncs, gens desencaminat en descriure els processos ciclogènètics mediterranis per «gota freda» o de tipus frontal, de front mediterrani.

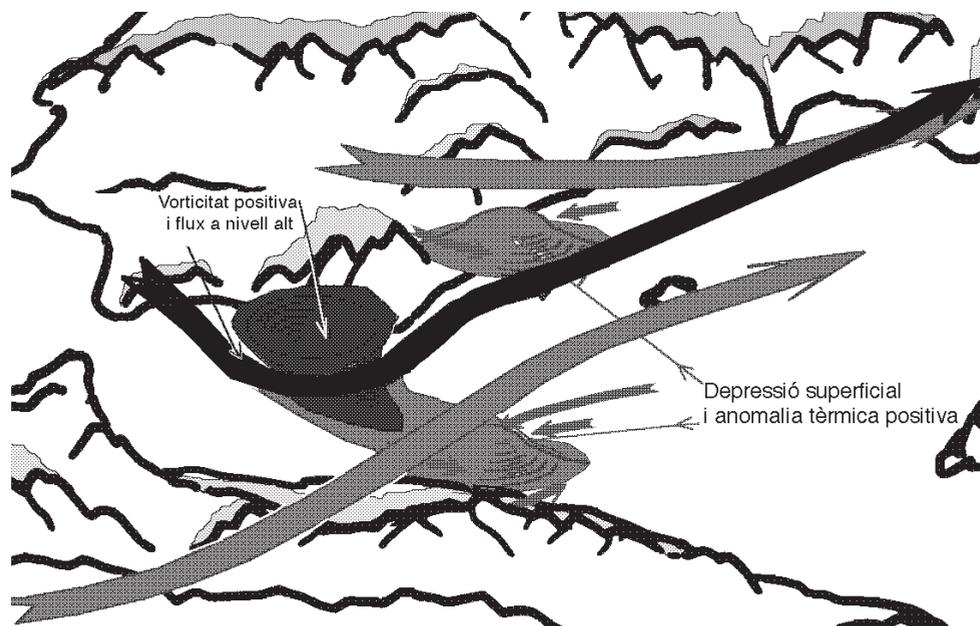


Figura 2. Model conceptual de ciclogènesi mediterrània.

No podem, en canvi, encaixar el que descrivia com a efecte de «trompa». Pensam que la tendència a l'hidrostatisme de l'atmosfera a gran escala compensa el possible efecte d'una depressió d'origen cinètic, que, això no obstant, sí que és vàlid i eficient a petita escala, per a dimensions de centenars de metres o pocs quilòmetres. Pensam que la coincidència entre corrent en raig i ciclogènesi, prou habitual, és més deguda al fet que certes zones d'un corrent en raig limitat, la seva esquerra, en concret, duen associada una anomalia positiva de VP (en altura).

Ens queda la qüestió dels grans aiguats mediterranis. D'això en va parlar poc Jansà Guardiola, com hem dit, malgrat que en fa referències tot associant els grans ruixats a fronts mediterranis, principals o secundaris, i a les ciclogènesis mateixes. Tampoc en això anava desencaminat. Ens ha costat arribar a la conclusió que sí, que existeixen relacions entre grans ruixats i ciclons o fronts aparentment poc importants. Durant un temps, cap als primers anys vuitanta, es van dissociar els temes mediterranis dels grans aiguats i de les ciclogènesis. Gràcies als satèl·lits, es va descobrir que alguns dels ruixats mediterranis més efectius i copiosos —aquells que produeixen 200, 300 i fins a 800 mm de pluja en algunes hores— anaven associats a les configuracions nuvoloses anomenades pels americans i britànics sistemes convectius de mesoescala (SCM), que es consideraven formats d'una manera aparentment aleatòria, en condicions de forta inestabilitat convectiva, per l'existència d'una massa d'aire mediterrani càlida i molt humida. Ja fa temps que vàrem començar a fer veure que SCM i ciclogènesis no són fenòmens tan independents (Jansà et al., 1986). Avui sabem que els SCM no es formen en qualsevol lloc, sinó preferentment sobre les fronteres de temperatura i humitat, o fronts mediterranis de poc gruix, sostinguts precisament per les convergències de vent forçades dins les circulacions ciclòniques, fins i tot les poc importants, tan freqüents a la Mediterrània. La figura 3 esquematitza el nostre model conceptual. Avui sabem que el 65% dels SCM mediterranis tenen en associació una depressió, generalment situada al seu SW, amb centre a uns 100-300 km. El 80% de totes les pluges fortes mediterrànies (de més de 60 mm/24 h) tenen també associada una depressió igualment situada (Jansà et al., 1996). I, curiosament, sols el 7% de les pluges fortes mediterrànies són associables a un SCM.

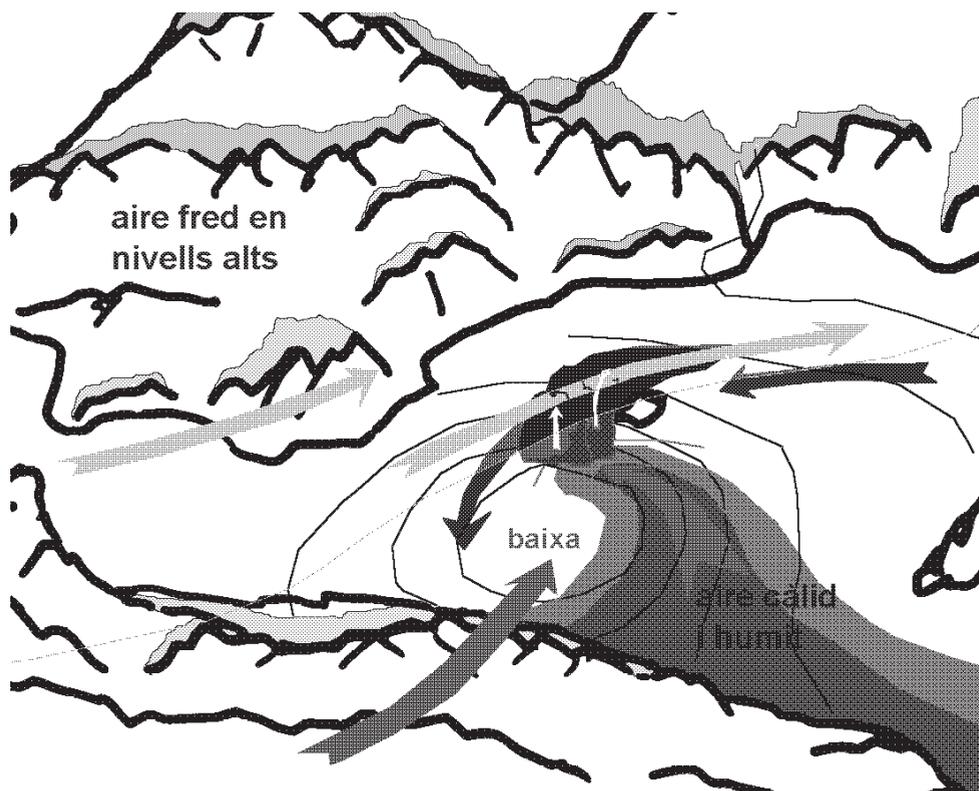


Figura 3. Model conceptual d'interacció cicló-SCM.

Conclusions

S'ha avançat molt en meteorologia mediterrània els darrers quinze anys, però encara hi ha massa sorpreses, massa imprecisions. Com havia dit Jansà Guardiola l'any 1964, hem de continuar estudiant aquesta meteorologia singular i capriciosa per millorar prediccions que són moltes vegades crítiques per als homes i dones d'aquesta regió del món. Excepte en algun detall, els avenços en meteorologia mediterrània ens fan retrobar, més que fer enfora, idees exposades per Jansà Guardiola al llarg dels anys 1930-60, a vegades presentades intuïtivament, de manera poc fonamentada. Hi ha encara en Jansà Guardiola idees que s'han de reprendre, perquè ens poden ajudar, com els conceptes sobre salts de pressió i efectes hidràulics en les irrupcions fredes. Jansà Guardiola ha influït, sens dubte, en els avenços en meteorologia mediterrània dels anys posteriors, però la seva influència haguera estat molt més viva i directa si no hagués treballat amb tant d'aïllament com ho va fer. És un aspecte que hem de tenir present els que, d'alguna manera, seguim les seves passes.

Referències

- AEBISCHER, U. (1996). *Low-level Potential Vorticity and Cyclogenesis to the Lee of the Alps*, Ph. D. Thesis, Dissertation No 11732, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich.
- BESSEMOULIN, P.; BOUGEAULT, P.; GENOVÉS, A.; JANSÀ, A.; PUECH, D. (1993). «Mountain Pressure Drag during PYREX». *Beitr. Phys. Atmosph.*, 66, 305-325.
- BOUGEAULT, P.; JANSÀ, A.; BENECH, B.; CARISSIMO, B.; PELON, J.; RICHARD, E. (1990). «Momentum budget over the Pyrenees: the PYREX experiment». *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 71, 806-818.
- BUZZI, A.; TIBALDI, S. (1978). «Cyclogenesis in the lee of the Alps: A case study». *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 104, 271-287.
- CAMPINS, J.; JANSÀ, A.; BENECH, B.; KOFFI, E.; BESSEMOULIN, P. (1995). «PYREX Observation and Model Diagnosis of the Tramontane Wind». *Meteorol. Atmos. Phys.*, 56, 209-228.
- CAMPINS, J. (1998). «L'estudi de la tramuntana: de J. M. Jansà al PYREX». *Territoris*, 1.
- EGGER, J. (1972). «Numerical experiments on the cyclogenesis in the Gulf of Genoa». *Contrib. Atmos. Phys.*, 45, 320-346.
- (1988). «Alpine lee cyclogenesis: verification of theories». *J. Atmos. Sci.*, 45, 2187-2203.
- HMSO, METEOROLOGICAL OFFICE (1962). *Weather in the Mediterranean*, pub. 391, vol. 1, *General Meteorology*, London.
- HOSKINS, B. J.; MCINTYRE, M. E.; ROBERTSON, A. W. (1985). «On the use and significance of isentropic potential vorticity maps». *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 111, 877-946.
- INM (A. GENOVÉS, coord.). *Boletín PEMMOC*, catàleg semestral de ciclons i fenòmens adversos mediterranis, INM, Palma, des de 1991.
- JANSÀ, A.; RAMIS, C.; ALONSO, S. (1986). «La tormenta mediterránea de 15 Noviembre 1985: mecanismo de disparo». *Rev. Meteorol.*, 8, 7-19.
- JANSÀ, A. (1990). *Notas sobre análisis meso-escalar en niveles atmosféricos bajos*. INM. Madrid.
- JANSÀ, A.; RADINOVIC, D.; ALPERT, P.; GENOVÉS, A.; CAMPINS, J.; PICORNELL, M. A. (1994). «Mediterranean cyclones: Subject of a WMO Project». *Internac. Symposium on the Life Cycle of Extratropical Cyclones*, Bergen, vol. II, 26-31.
- JANSÀ, A.; GENOVÉS, A.; RIOSALIDO, R.; CARRETERO, O. (1996). «Mesoscale cyclones vs heavy rain and MCS in the Western Mediterranean». *MAP Newsletter* (Zurich), núm. 5, 24-25.
- JANSÀ, J. M. (1933). *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*. Servicio Meteorológico Español. Sèrie A, 3. Madrid.
- (1946). «Un frente tormentoso notable. El temporal del 24-25 de noviembre de 1942 en Baleares». *Rev. Geofísica*, 5, 24-36.
- (1948). «Lluvias de barro registradas en Baleares durante la primavera de 1947». *Rev. Geofísica*, 7, 1-12.
- (1949). «Chubascos de primavera en Baleares». *Rev. Geofísica*, 8, 475-485.
- (1951). «Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental». *Rev. Geofísica*, 10, 3-19.
- (1953). «A propósito del Jet Stream». *Revista de Aeronáutica*, 148, 190-198.
- (1959). «La masa de aire mediterránea». *Rev. Geofísica*, 18, 35-50.
- (1960). «Choques de presión en las irrupciones frías». *Rev. Geofísica*, 19, 269-284.
- (1961). *Nociones de Climatología general y de Menorca*, Imp. Sintet Rotger, Maó (Menorca).
- (1962). «El frente mediterráneo». *Rev. Geofísica*, 21, 249-259.
- (1963). «La corriente en chorro mediterránea». *Saitabi*, 13, 87-104.
- (1966). «Meteorología del Mediterráneo occidental». *Tercer Ciclo de Conferencias, desarrollado en el Instituto Nacional de Meteorología durante el año 1964*. Sèrie A, 43, II/1-35. SMN. Madrid.
- KUETTNER, J. (ed.) (1982). *The Alpine Experiment (ALPEX). Design Proposal*. WMO. Geneva.
- RADINOVIC, D.; LALIC, D. (1959). *Ciklonska aktivnost u Zapadnom Sredozemlju*. Izdanje Saznogn Hidrometeoroloskog Zadova, Beograd.

- RADINOVIC, D. (1986). «On the development of orographic cyclones». *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 112, 927-951.
- REITER, E. (1975). *Handbook for forecasters in the Mediterranean. Part I: General Description of the meteorological processes*. Naval Environmental Prediction Research Facility. Monterey (California).
- RIVERA, A.; RIOSALIDO, R. (1986). «Mediterranean Convective Systems as viewed by Meteosat: a case study». *VI Meteosat User's Meeting*. Amsterdam.
- SÁNCHEZ-LAULE, J. M.; POLVORINOS, F. (1996). «Entrada brusca de vientos de levante en la costa norte de Alborán». *IV Simposio Nacional de Predicción del INM* (disponible via Internet, <http://www.inm.es>).
- SPERANZA, A.; BUZZI, A.; TREVISAN, A.; MALGUZZI, P. (1985). «A theory of deep cyclogenesis in the lee of the Alps. Part I: Modifications of baroclinic instability by localized topography». *J. Atmos. Sci.*, 42, 1521-1535.
- TAFFERNER, A. (1990). «Lee cyclogenesis resulting from the combined outbreak of cold air and potential vorticity against the Alps». *Meteor. Atmos. Phys.*, 43, 31-47.

**El Niño y su
influencia en el
regimen de lluvias
en Baleares**

Mercedes Laita Ruiz
de Asúa
*Dept. de Ciències de la
Terra. Universitat de les
Illes Balears*

Territoris (1998), 1:
187-201

El Niño y su influencia en el regimen de lluvias en Baleares

Mercedes Laita Ruiz de Asúa

Dpt de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears

Resumen

Tras una descripción general del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y las influencias encontradas sobre el clima en Europa, se consideran los posibles efectos sobre la precipitación en las Islas Baleares. El método estadístico aplicado a la precipitación durante la treintena 1961-1990 se basa en la contingencia de conocer los años en que se dieron los extremos de ENOS. Los años de extremo cálido (El Niño) fueron más lluviosos que la media y los años siguientes a extremo frío (La Niña) fueron años especialmente secos.

Abstract

After a general description of the El Niño/ Southern Oscillation (ENSO) phenomenon and its found influences on the climate in Europe, the paper is devoted to the possible effects of ENSO on the Balearic Islands rainfall. The study is developed statistically analysing the precipitation during two-years intervals centred in the year of occurrence of a ENSO extreme during a 30-years period (1961-1990). The warm extreme years (El Niño) had higher rainfall amounts than the average values and the years following a cold extreme (La Niña) were specially dry years.

Recepción del manuscrito, noviembre de 1996

Introducción

En condiciones normales en la costa del Perú se tienen aguas considerablemente frías. Alexander von Humboldt atribuyó las bajas temperaturas del agua a su origen Antártico, indicando que llegaban a esas latitudes transportadas por las corrientes costeras de Chile y del Perú. Tal interpretación se supo posteriormente que no era correcta ya que los vientos que soplan del S a lo largo de la costa del subcontinente de América del Sur, combinados con el efecto desviador de la rotación de la Tierra, hacen que las aguas costeras tiendan a desplazarse mar adentro. Ello favorece el *upwelling*, que hace aparecer aguas profundas, más frías y ricas en nutrientes, en la superficie oceánica.

Originalmente, el término *El Niño* se refería a la corriente cálida del Norte que cada año aparece frente a las costas meridionales del Ecuador y septentrionales del Perú, durante el verano del hemisferio austral, cuando los vientos alisios son más débiles. Los habitantes de la región de Payta le dieron el nombre de *El Niño*, en referencia al Niño Jesús, ya que ordinariamente se inicia poco después de la festividad de la Navidad (Quinn, 1987).

Este flujo oceánico hacia el Sur, *la corriente del Niño*, hace aparecer aguas cálidas y fauna no habitual, desplaza la corriente fría de Humboldt mar adentro y condiciona el inicio de las lluvias suaves de verano sobre el cercano desierto de Secura y el altiplano andino.

A intervalos variables de entre 2 y 10 años, la corriente es extraordinariamente intensa, de más de un nudo, y transporta aguas superficiales anómalamente cálidas y dulces centenares de kilómetros hacia el Sur. Los científicos peruanos usan el término *el fenómeno del Niño* en referencia a este calentamiento prolongado y no habitual de las aguas costeras que acompaña a la corriente anómala. Rasmusson y Carpenter (1982) describen un caso típico señalando que, durante el también denominado *evento cálido*, las temperaturas del mar y del aire, pese a que normalmente empiezan a decrecer hacia finales de marzo o principios de abril, frecuentemente se mantienen en valores anómalos durante un año, o más. Se produce después una pausa, entre junio y septiembre, con temperaturas próximas a las normales. Siguen nuevos calentamientos anómalos durante diciembre y enero y se vuelve a los valores normales entre enero y marzo del segundo año.

Sin embargo, nunca se recuperan estrictamente los valores normales, sino que, en cierto modo como si se diera una inercia, estos se sobrepasan, produciéndose entonces el otro extremo conocido como *evento frío* o, siguiendo a Philander (1989), *La Niña*. Anteriormente se emplearon con menor éxito los nombres, *El Viejo*, *no-Niño* o *anti-Niño*.

La Oscilación del Sur

El *fenómeno del Niño* tiene un carácter global, lo que se verá por medio de la contraparte atmosférica de *El Niño*: la *Oscilación del Sur*.

Los primeros estudios se deben a Walker (1923) y Walker y Bliss (1932). La *Oscilación del Sur* (*OS*) es una variación coherente de la presión atmosférica en superficie, con una periodicidad interanual, relacionada con fenómenos del tiempo a escala global, principalmente en trópicos y subtrópicos. Las presiones bajas en superficie están localizadas en regiones dominadas por convección tropical y lluvia, tales como Indonesia. Las altas presiones se localizan en zonas caracterizadas por subsidencia y poca humedad del aire, tal como el Pacífico Suroriental. Entre estas zonas la presión está negativamente correlacionada.

Establecida esta distribución de presión atmosférica, está claro que el aire es transportado de forma continua en niveles bajos, en la zona de la circulación de los vientos alisios, de las regiones de subsidencia a las de convección. En la alta troposfera la circulación del aire establece una serie de células zonales alrededor del globo que constituyen la llamada circulación de Walker (Bjerknes, 1969; Flohn y Fleer, 1975). En la «fase alta» de la *OS*, la presión en el Pacífico Suroriental es superior a su valor normal mientras que en Indonesia la presión es menor que la normal. De esta forma el gradiente de presión entre esas dos regiones es más intenso y da lugar, como consecuencia, a vientos alisios más fuertes en el Pacífico, y a un mayor intercambio de masa aérea en la célula de Walker indo-pacífica. Durante la «fase baja», como si hubiera un vaivén de presión, se invierten las anomalías y los vientos alisios resultan ser más débiles de lo normal.

El estado del sistema bórico correspondiente a la *OS* se suele caracterizar mediante el *Índice de la Oscilación del Sur* (*IOS*), normalmente definido como la anomalía de la diferencia de presión entre Papeete, en Tahití, y Darwin, en Australia.

La relación entre la *Oscilación del Sur* y el *fenómeno del Niño* la puso de manifiesto Berlage (1957) al descubrir que existía una fuerte correlación entre las series temporales

del *IOS* y de la temperatura superficial del mar, *TSM*, en el Perú. Sin embargo, fue Jacob Bjercknes quien, unos años después, dio una interpretación plausible del fenómeno completo (Bjercknes, 1961). Inicialmente trató de explicar el fenómeno como una intensificación ocasional de la contracorriente estacional que fluye intermitentemente, hacia el Sur, a lo largo de la costa Norte del Perú durante el verano austral. Indicó que *El Niño* estaba causado por un cese local de los vientos que soplan a lo largo de la costa del Perú y son favorables para producir el afloramiento de la corriente del Perú, así como por la aparición de gradientes N-S de densidad en la propia zona de *El Niño*. El siguiente paso se pudo dar gracias al descubrimiento fortuito de anomalías a lo largo del ecuador (incluso en el meridiano 180) durante el intenso evento de 1957-1958 (Sette e Isaacs, 1960). Cuando Bjercknes conoció esa información modificó su interpretación (Bjercknes, 1966a) apuntando que el *fenómeno del Niño* estaba íntimamente relacionado con la respuesta del océano ecuatorial, en todo el Pacífico, a un debilitamiento de los vientos alisios.

El carácter inseparable del *fenómeno del Niño* y de la *OS* se reconoce en la literatura mediante el uso conjunto de los dos fenómenos: *ENOS* (El Niño/Oscilación del Sur).

Las principales consecuencias de los trabajos de Bjercknes, esencialmente válidas todavía ahora, tienen que ver con la interpretación del fenómeno. Bjercknes (1966a y b) indicó que el océano tropical puede ser considerado, en primera aproximación, como la superposición de una capa formada por aguas cálidas, de baja densidad por lo tanto, y otra mucho más profunda, de aguas frías, más densas. La zona, de muy poco espesor (idealmente una superficie) que separa las dos capas oceánicas en la que la temperatura decrece, muy rápidamente al descender en profundidad, se denomina termoclina.

Bajo la acción normal de los vientos alisios, que soplan de E a W, se establece una corriente oceánica superficial hacia el Oeste que acumula la mayor parte del agua de la capa superior en el Pacífico occidental. Allí la termoclina se encuentra a una profundidad de 150-200 m, mientras que en la región oriental se localiza a sólo 30-50 m. La diferencia del nivel del mar a través del Océano Pacífico es de uno 40 cm, por término medio. Para compensar este efecto de acumulación de agua en la zona occidental, se establece una corriente que fluye hacia el Este, a unos 100 m de profundidad, denominada Contracorriente Ecuatorial.

El efecto desviador de la fuerza de Coriolis, debida a la rotación de la Tierra, actúa sobre esa corriente, como puso de manifiesto Ekman (1905). En ambos hemisferios se fuerza el agua a converger hacia el ecuador. Posteriormente debe ascender hacia la superficie, produciéndose allí una divergencia desde el ecuador hacia cada hemisferio. Debido a este efecto, el ecuador es una zona de afloramiento, lo que se manifiesta por la existencia de una lengua de aguas superficiales frías en el océano ecuatorial central y oriental. Allí además se tiene, como se indicó anteriormente, la zona de afloramiento frente a las costas peruanas. El enfriamiento no se da en la zona occidental ya que la termoclina está muy profunda y allí los vientos son más débiles.

Cuando los alisios se moderan, las fuerzas que mantienen la inclinación de la termoclina y la lengua de agua fría del afloramiento desaparecen. Como consecuencia cesa el afloramiento, la capa superficial de agua caliente se mueve hacia el Este, dando lugar a un calentamiento a gran escala y a una reducción de la diferencia de nivel entre los dos extremos del océano.

El propio Bjercknes se dio cuenta que era necesaria una interacción entre el océano y la atmósfera para explicar la escala temporal de la *OS*, ya que de lo contrario no podría manifestar su variabilidad interanual: sería efímera como los demás fenómenos del tiempo.

Indicó además que las anomalías térmicas del océano tropical debían inducir una intensificación de la circulación térmica directa de la célula de Hadley, que a su vez haría lo propio con la corriente en chorro, afectando finalmente al tiempo al Este de la perturbación. Esto fue el punto de partida de la noción de *teleconexión*, por la cual *El Niño* proyecta su anomalía climática a regiones remotas del globo. La idea original de Bjerknes fue ganando credibilidad en parte gracias a las anomalías que se produjeron en América del Norte durante el invierno de 1976-77 (Namias, 1978) y a análisis adicionales de observaciones que ponían de manifiesto el principio de la *teleconexión* (Flohn y Flerer, 1975; Julian y Chervin, 1978).

Influencia del ENOS en Europa

Aceptada la *teleconexión* para América del Norte, se empezaron a buscar influencias en zonas más alejadas. La primera referencia localizada sobre la influencia de la *OS* en Europa es Cadet y Garnier (1988). En un principio se muestran críticos en relación a la influencia de la *OS*:

«(...) no está prohibido pensar que con análisis muy finos se pueda encontrar alguna traza de señales en las variaciones de ciertos parámetros climáticos en una u otra zona del continente europeo.»

Para seguir a continuación:

«Citamos los trabajos de Delannoy (1982) que ha encontrado una correlación significativa entre los índices de fases anti-Niño y el exceso de precipitación tres meses más tarde en Marruecos.»

Años más tarde, en un primer estudio sobre la influencia en Europa de la *OS*, Fraedrich (1990), indica como conclusión, que los inviernos que siguieron a *eventos cálidos* presentaron mayor variabilidad de unos a otros, que los que siguieron a *eventos fríos*, lo que haría a estos últimos más previsibles. Por otra parte, los extremos cálidos dieron como consecuencia más días ciclónicos (el 60% de los días del invierno siguiente) y menos anticiclónicos que su contraparte fría (sólo el 46% de los días del siguiente invierno).

Posteriormente Fraedrich y Müller (1992) llevan a cabo un estudio más detallado en el que ponen de manifiesto las anomalías que se observan en la presión, temperatura y precipitación en Europa. El período de estudio es el mismo que para el trabajo anterior. Durante los inviernos que siguen a un extremo cálido de la *OS* encontraron una anomalía negativa de presión sobre Europa occidental y central, asociada a anomalías positivas de temperatura y precipitación. En el Norte de Europa, las anomalías son de signo contrario. Durante los extremos fríos, las anomalías negativas de presión se desplazan hacia el Norte, lo mismo que las positivas de temperatura y precipitación, apareciendo anomalías positivas de presión en Europa central. Estas alteraciones climáticas las interpretan en base a una modificación de la trayectoria de las bajas en el Atlántico norte.

Posteriormente estos resultados fueron confirmados mediante un estudio semejante desarrollado a partir de otra base de datos (Wilby, 1993).

En Ropelewski y Halpert (1987) la cuenca mediterráneo-occidental aparece como una de las zonas en que la precipitación podría guardar alguna relación con la *OS*. Los autores encuentran un período más lluvioso que la media desde abril a noviembre del año del evento, aunque indican que hay una gran variabilidad interanual. Incluso señalan un cambio en el signo de la anomalía de antes a después de 1940. Como no encuentran

mecanismo físico capaz de explicar lo encontrado, asumen que pueda ser debido a incluir la época del año con precipitación nula, a errores en los datos o al propio método de análisis diseñado por los autores para estudiar la dependencia OS-precipitación.

Brunet y Lopéz (1991) hacen un estudio sobre la precipitación en La Coruña y San Fernando. Los resultados indican que la pluviometría no muestra valores demasiado representativos para la influencia de la OS, sobre todo en La Coruña. Sin embargo, en San Fernando encuentran primaveras más lluviosas en los extremos fríos de ENOS.

Linés y Mabres (1992), calculan los coeficientes de variabilidad de la precipitación mensual para estaciones pluviométricas de la península Ibérica. Indican en relación a las series pluviométricas que la correlación directa entre precipitación y ENSO no parece muy clara, por lo que utilizan el coeficiente de variabilidad. Una vez calculado para las estaciones de Madrid, Sevilla, Valencia y Alicante, observan que el coeficiente de variabilidad es mucho mayor en años con evento NIÑO que en los más cercanos a éstos, encontrando valores extraordinariamente elevados en relación con el evento 1982-1983.

En cuanto a la influencia de la OS sobre el Mediterráneo, hay que tener en cuenta que la señal decrece con la distancia y que, probablemente, se pueda confundir con otros fenómenos atmosféricos no directamente relacionados con las anomalías de temperatura del mar del Pacífico ecuatorial (Namias y Cayan, 1984; Cadet y Garnier, 1988) responsables, como se indicó del fenómeno ENOS. La zona mediterránea es posiblemente de las peores, por su lejanía y por su climatología particular, para estudiar la influencia de la OS en una teleconexión trópico-extratropical.

Recientemente, Laita y Grimalt (1996) siguiendo el método introducido por Fraedrich, analizan el número de días ciclónicos y el número de días con anomalías negativas de presión en el Mediterráneo occidental para la treintena 1961-90. La influencia climática de la OS en esa zona se puede resumir, para esas variables, en un decrecimiento, tanto del número de días ciclónicos como de anomalía negativa de presión, durante el bimestre marzo-abril siguiente a años de extremo cálido.

Análisis de los datos de precipitación

En este trabajo, a diferencia de Laita y Grimalt (1996), se tratan datos de precipitación. Para ello se parte de la información proporcionada por el Centro Meteorológico de Baleares del INM, sobre la precipitación en todas las estaciones pluviométricas del archipiélago. En sólo 33 estaciones se tenía la serie temporal de 1961-90 completa. La distribución era espacialmente irregular y se completó con 6 estaciones ficticias para tener una cobertura más homogénea (para más detalles consultar Laita, 1995).

El método utilizado para analizar la precipitación aprovecha, como en trabajos anteriores, el hecho de conocer con anterioridad cuáles han sido años de *El Niño* o de *La Niña*. O sea, se estudia estadísticamente la serie temporal con la contingencia de haber sido uno u otro el extremo de la *Oscilación del Sur*.

En la treintena de estudio los años de Niño fueron 1965, 1969, 1972, 1976, 1982, 1986, y los años de Niña, 1964, 1966, 1970, 1973, 1975, 1978, 1988.

El comportamiento de la precipitación en relación con la señal OS se analiza por medio de los valores medios de la precipitación, obtenidos calculando la media aritmética de la precipitación mensual en 39 estaciones pluviométricas que cubren el territorio de las Baleares (Tabla I). Para detalles generales sobre el método, consultar Laita (1995).

MES AÑO	EN	FB	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC
1961	75.6	1.0	0.0	25.7	33.7	13.2	3.0	35.8	5.8	123.4	73.7	11.6
1962	10.7	90.0	53.4	45.8	85.2	27.0	2.3	1.0	127.7	128.9	168.2	52.0
1963	44.3	64.3	14.4	18.8	3.9	5.9	15.4	21.2	123.1	46.9	64.6	121.3
1964	42.1	27.2	37.2	10.8	5.2	15.5	6.4	19.3	6.4	109.9	58.4	181.4
1965	65.5	35.5	25.4	24.8	14.4	11.6	3.3	32.9	38.3	106.5	19.6	17.7
1966	68.3	15.1	48.9	13.7	76.3	12.1	12.2	2.7	32.0	113.8	65.4	17.2
1967	36.5	67.9	23.4	44.5	13.7	12.9	0.6	32.4	15.2	25.4	85.1	63.1
1968	10.8	44.2	37.5	38.7	45.8	33.0	0.7	24.1	22.3	9.2	100.9	87.5
1969	69.0	21.3	38.5	128.0	18.4	26.9	6.7	64.5	49.8	109.6	85.1	89.5
1970	46.6	12.4	82.4	22.1	33.3	5.0	4.2	29.1	5.4	99.4	16.4	134.3
1971	60.1	20.5	88.7	35.8	26.7	0.7	4.2	3.0	107.5	94.8	141.4	89.9
1972	108.0	24.6	21.5	108.0	64.6	31.5	0.9	42.2	171.9	79.9	87.0	123.1
1973	100.6	51.3	77.9	23.5	3.5	74.7	16.2	27.2	56.5	79.1	5.0	135.1
1974	11.0	167.8	138.6	98.6	12.1	0.8	8.3	9.5	26.7	132.8	42.2	4.3
1975	12.7	24.4	108.9	23.7	40.7	52.4	0.8	66.7	68.3	82.2	113.9	99.4
1976	22.3	96.7	14.9	34.0	49.0	29.6	27.7	61.2	74.8	178.6	18.9	59.9
1977	69.3	2.6	22.0	64.2	83.5	31.2	12.5	68.4	93.8	37.8	85.0	56.9
1978	130.9	35.9	50.8	109.3	66.1	14.6	3.5	2.6	22.2	138.2	51.2	39.2
1979	42.1	69.7	75.4	28.3	1.8	0.7	42.8	11.1	102.1	123.2	45.1	83.7
1980	114.7	30.4	31.9	77.2	50.4	13.4	10.2	8.6	8.0	33.3	91.3	104.1
1981	45.9	42.5	24.6	182.7	13.6	9.0	4.6	15.9	30.1	45.6	5.9	28.4
1982	30.2	64.6	98.2	26.8	17.3	4.7	4.8	31.0	40.9	110.1	69.8	45.5
1983	0.4	25.9	52.8	0.6	12.8	5.0	0.5	63.9	29.4	19.7	36.7	59.4
1984	28.3	71.4	73.9	19.3	93.4	11.8	0.6	18.6	54.1	36.3	77.3	31.8
1985	62.0	11.3	100.7	15.5	65.4	1.5	0.9	0.7	46.5	101.3	152.5	61.6
1986	55.1	69.2	28.4	73.3	5.4	2.9	42.2	4.1	126.6	117.5	71.0	68.5
1987	140.5	124.5	22.2	8.9	34.9	3.7	21.4	0.5	31.4	55.7	106.7	91.1
1988	49.3	11.8	28.0	70.6	70.5	39.8	4.3	2.4	73.3	31.6	39.3	16.2
1989	22.7	23.8	34.1	59.5	37.2	22.9	6.3	55.8	103.3	9.5	72.1	85.1
1990	75.4	3.1	44.4	81.4	18.1	6.2	1.4	27.2	24.7	198.5	123.7	33.6

Tabla I: Precipitación mensual media en Baleares (mm), para cada uno de los meses de la treintena 1961-1990.

La precipitación total mensual se agrupa primero por bimestres. Su valor se designa $P(i,j)$, indicando que corresponde a un bimestre i (desde 1 a 6) de un año j (desde 1961 a 1990). A continuación se ordenan los años, bimestre a bimestre, de menor a mayor en cuanto a la cantidad de precipitación. Esto es equivalente a asignar a cada año del bimestre fijo i el número de orden, $r(i,j) = 1, 2, \dots, J$ (con $J=30$, en nuestro caso), que le corresponde en la distribución ordenada

$$P(i,1) < P(i,2) < \dots < P(i,r) < \dots < P(i,30)$$

Esta ordenación se da en la tabla II.

BIMESTRES	1	2	3	4	5	6
AÑOS/ORDEN						
1961	10	1	16	20	12	7
1962	18	15	29	2	30	28
1963	21	3	3	19	23	21
1964	7	4	6	13	11	30
1965	19	6	10	18	15	2
1966	13	8	24	6	16	6
1967	20	9	11	15	2	16
1968	4	10	22	12	1	22
1969	15	28	15	28	20	20
1970	5	19	13	16	8	17
1971	12	22	12	5	24	29
1972	25	25	26	21	28	25
1973	27	16	20	22	14	14
1974	29	30	4	7	21	3
1975	2	26	25	27	18	26
1976	23	5	21	30	29	5
1977	8	11	30	29	13	15
1978	28	27	23	3	22	8
1979	22	18	1	24	26	12
1980	26	20	18	8	3	23
1981	14	29	8	10	5	1
1982	16	23	7	17	19	11
1983	1	7	5	26	4	9
1984	17	12	27	9	7	10
1985	9	21	19	1	17	27
1986	24	17	2	23	27	13
1987	30	2	14	11	6	24
1988	6	14	28	4	9	4
1989	3	13	17	25	10	18
1990	11	24	9	14	25	19

Tabla II: Ordenación según la precipitación media de cada bimestre de la treintena 1961-1990.

Supongamos que un determinado año, j , ocupa el lugar r en esa distribución; estaría dentro del percentil $R(i,j) = 100r/30\%$. Estos percentiles, $R(i,j)$, se estudiarán con la contingencia de corresponder el año j a extremo cálido o extremo frío, por separado.

Siguiendo los trabajos de Fraedrich, se consideran periodos de tiempo de dos años, centrados en el año de ocurrencia de un extremo OS . Los 12 bimestres de estudio son los formados por los tres últimos del año anterior a un extremo, los 6 del año del extremo y los tres primeros del año siguiente al extremo.

Supongamos ahora que de la distribución $R(i,j)$ se toman, para un cierto bimestre, varios valores de R , siendo la selección al azar. Habría que esperar un valor medio para la muestra que fuera próximo al 50% (aunque, evidentemente, depende del valor de j . En nuestro caso, ese valor medio sería 51.7). Esto, de hecho, constituye la hipótesis nula.

En el presente análisis la selección no se hará al azar sino que se considerarán sólo, como se ha dicho, los bimestres de dos años centrados en años de *El Niño* o de *La Niña*. No se debería esperar, entonces, proximidad a ese valor medio. Para rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 90%, Fraedrich señala que, siendo $R(i,j) > \langle R(i,j) \rangle$ (en tanto por uno; 0.517, en nuestro caso), $R(i,j)$ debe superar el valor

$$R(90\%) = \frac{0.5[m(N-m) + m'(m'+1)] + 1.28\sqrt{m(N-m)(N+1)/12}}{Nm}$$

siendo para este estudio $N = J = 30$ y $m = m' = 6$, si se trata de los extremos cálidos, y $m = m' = 7$, si se consideran los fríos. Aplicando la fórmula anterior resulta, para los extremos cálidos

$$R(90\%) = 65.4\%$$

y para los extremos fríos

$$R(90\%) = 64.1\%$$

con lo que se rechazará la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 90%, si se superan los valores anteriores, respectivamente, para los extremos cálidos y para los extremos fríos.

Cuando, por el contrario, es $R(i,j) < \langle R(i,j) \rangle$, entonces se toma $m' = N-m$, y se rechaza la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 90%, si no se alcanza el valor

$$R'(90\%) = \frac{N+1}{2m} - R(90\%)$$

Aplicada la fórmula anterior para los extremos cálidos resulta un valor

$$R'(90\%) = 37.9\%$$

y, para los extremos fríos,

$$R'(90\%) = 39.2\%$$

valores que no se deberán alcanzar, respectivamente, en los extremos cálidos y en los extremos fríos, para poder rechazar la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 90%.

En realidad los valores anteriores se obtienen con la hipótesis de que los conjuntos estadísticos considerados son independientes. En nuestro caso, alguno de los años pertenecen simultáneamente al grupo de extremos cálidos y al de extremos fríos, lo que reduce la ventana de aplicabilidad de la fórmulas anteriores. En este sentido, aceptaremos los valores indicados más arriba pero se tendrá en cuenta que el 90% es en realidad el valor máximo de la confianza, al estar usando conjuntos estadísticos dependientes.

Una vez se tiene la Tabla II, con los números de orden $r(i,j)$, se puede elaborar la correspondiente a la composición de dos años centrados en un año extremo del ciclo OS. (Tabla III), que incluye la información extraída para los bimestres 4, 5 y 6 del año anterior a un extremo, para los 6 bimestres del año del extremo y para los bimestres 1, 2 y 3 del siguiente al evento.

CÁLIDOS												
BIMESTRES	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
AÑOS/ORDEN												
1965	13	11	30	19	6	10	18	15	2	13	8	24
1969	12	1	22	15	28	15	28	20	20	5	19	13
1972	5	24	29	25	25	26	21	28	25	27	16	20
1976	27	18	26	23	5	21	30	29	5	8	11	30
1982	10	5	1	16	23	7	17	19	11	1	7	5
1986	1	17	27	24	17	2	23	27	13	30	2	14
MEDIA	11.3	12.7	22.5	20.3	17.3	13.5	22.8	23.0	12.7	14.0	10.5	17.7
MEDIA%	37.8	42.2	75.0	67.8	57.8	45.0	76.1	76.7	42.2	46.7	35.0	58.9
FRÍOS												
BIMESTRES	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
AÑOS/ORDEN												
1964	19	23	21	7	4	6	13	11	30	19	6	10
1966	18	15	2	13	8	24	6	16	6	20	9	11
1970	28	20	20	5	19	13	16	8	17	12	22	12
1973	21	28	25	27	16	20	22	14	14	29	30	4
1975	7	21	3	2	26	25	27	18	26	23	5	21
1978	29	13	15	28	27	23	3	22	8	22	18	1
1988	11	6	24	6	14	28	4	9	4	3	13	17
MEDIA	19.0	18.0	15.7	12.6	16.3	19.9	13.0	14.0	15.0	18.3	14.7	10.9
MEDIA%	63.3	60.0	52.4	41.9	54.3	66.2	43.3	46.7	50.0	61.0	49.0	36.2

Tabla III: Números de orden y percentiles para la precipitación, atendiendo a los extremos del ciclo OS que se produjeron en la treintena 1961-1990.

Para aclarar el significado de esos números, hay que recordar que el número de orden dentro de cada bimestre se asignaba, empezando con un 1, a aquel en que la precipitación es menor y acabando, con un 30, para aquel con mayor precipitación. La media de esos 30 valores es siempre 15.5, que corresponde al 51.7%.

A partir de la tabla III se ha construido la figura 1 en la que se puede ver gráficamente la desviación de los percentiles, respecto a su valor medio, para los extremos cálidos y para los extremos fríos.

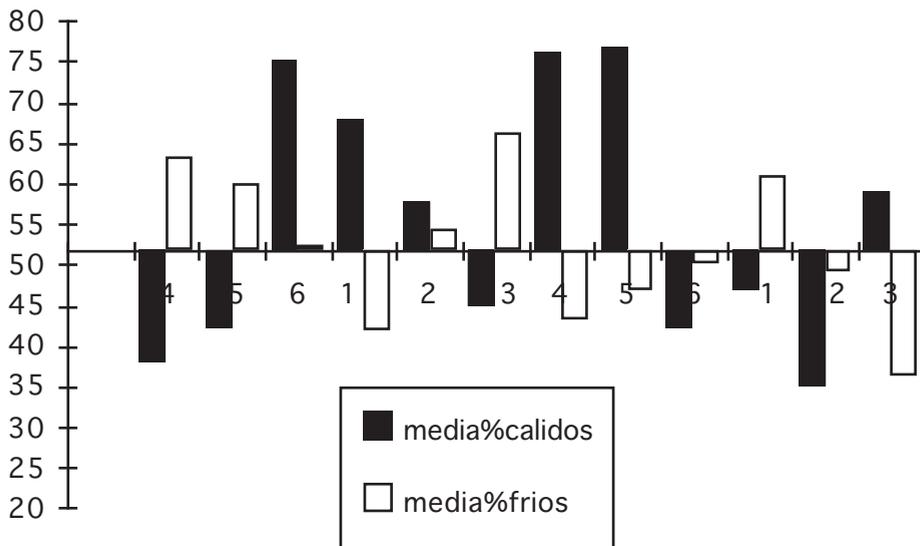


Figura 1: Percentiles de la precipitación para los extremos cálidos y fríos de la OS ocurridos en la treintena 1961-1990.

Resultados

Del análisis de la Tabla III se deduce que, atendiendo a los límites de fiabilidad señalados en el apartado anterior, son significativas las anomalías positivas del bimestre 6 previo al año del *evento cálido*; del 1, 4 y 5 del año del evento y la negativa del bimestre 2 del año siguiente. En el caso del extremo frío de la OS, sólo son significativas la anomalía positiva del bimestre 3 del año del evento y la negativa, también del bimestre 3, del año siguiente. Al igual que en otros estudios (Fraedrich, 1990; Fraedrich y Müller, 1992; Laita y Grimalt, 1996) la señal de la OS es más débil para los extremos fríos que para los cálidos.

Resulta también estadísticamente noticable el hecho de que los años de *evento cálido* son normalmente más lluviosos que la media. Basta, para ello, observar en la Tabla III que, en la mayor parte de los bimestres implicados (24 de los 36), el número de orden que figura es superior al 15.

Del análisis de percentiles anterior se sigue que, en el año siguiente a cualquiera de los dos extremos se produjeron primaveras significativamente secas. La diferencia entre ambos extremos, como se puede deducir de la observación de la Figura 1, está en la llegada de la señal a nuestra zona. En el caso cálido se detectó como significativamente seco el bimestre marzo-abril, mientras que en el frío lo fue el mayo-junio. Este hecho está parcialmente en contradicción con los resultados de Fraedrich, ya que en los extremos fríos de la OS encuentra anomalía negativa de precipitación frente a la positiva de la primera parte del año siguiente al extremo cálido.

En nuestro caso, lo encontrado impediría poder separar los dos extremos. Sin embargo resulta muy interesante llevar a cabo una reconsideración a la vista de los años más secos de la treintena 1961-1990, así como de su variabilidad espacial.

De un trabajo realizado anteriormente, referente a las configuraciones isobáricas en el Mediterráneo occidental para los meses secos de la treintena 1961-1990 (Laita y Grimalt, 1994) se deduce que los cinco años más secos de la treintena de estudio en Baleares fueron, por este orden, 1983, 1965, 1961, 1967 y 1988. De ellos, el primero es el siguiente al extremo cálido de 1982 que ha sido el más intenso de los conocidos, pero también el más anómalo, dando lugar, alrededor de todo el mundo, a perturbaciones climáticas en muchos casos contrarias a las conocidas para otros eventos. El siguiente más seco fue 1965, año siguiente al extremo frío de 1964, pero también año de *El Niño*. Se podría decir que fue año muy seco, pese a ser año de extremo cálido. En realidad, la anomalía podría estar relacionada con el hecho de ser año de *El Niño* en un año en que el anterior y el posterior fueron de *La Niña*. El año siguiente, 1966, fue el octavo más seco de la treintena.

Siguiendo con los cinco años más secos de la treintena, 1961 no parece guardar ninguna relación con la *OS*, aunque sí se debe indicar que está incluido entre dos extremos cálidos sin extremo frío intermedio. Los otros, corresponden, 1967, al siguiente a un extremo frío y 1988 a un *evento frío*. Se ve, por lo tanto, que parece haber una relación entre años especialmente secos en Baleares (los anteriores estuvieron dentro del percentil del 15% de los más secos) y los extremos fríos.

Sin embargo, se sabe que la precipitación es altamente variable, tanto en el tiempo como en el espacio. El anterior análisis de contingencia entre años especialmente secos y la *OS* se puede también considerar para estaciones pluviométricas de zonas muy lluviosas o de zonas muy secas de Mallorca. Esto permitirá ver si lo previamente indicado para la precipitación media del archipiélago es aplicable localmente.

Como ejemplo de estación seca se puede considerar la de Ses Salines-Sa Vall, situada próxima al extremo meridional de la Isla. La precipitación anual osciló entre los 200 mm de 1965 y los 592 mm de 1972, año de *El Niño*. En esta estación los años más secos de la treintena 1961-1990 fueron, por este orden, el ya citado de 1965, 1983, 1967, 1968 y 1961. Obsérvese que, salvo el orden, sólo se cambia 1988, extremo frío, por 1968, que no corresponde a extremo alguno. Para el ejemplo de estación pluviométrica de la zona más húmeda de Mallorca se considera la de Alaró-S'Hort Nou, en la región montañosa septentrional. En la treintena considerada la precipitación osciló desde los 577 mm del repetido 1965 a los 1231 mm de 1969, también extremo cálido, como 1972. Los años más secos fueron allí, 1965, 1961, 1967, 1989 y 1983. El único cambio es la aparición de 1989 entre los años más secos. En este caso la incorporación corresponde a un año que es inmediatamente siguiente a un *evento frío*.

Como consecuencia de lo anterior se deduce que la teleconexión, en relación con la sequía, si existe, se debe dar tras el inicio del extremo frío, o *La Niña*, y con un retraso del orden de un año.

Conclusión

La teleconexión trópico-extratropical considerada en relación a la precipitación en Baleares, no es demasiado clara. La señal de la OS, más débil para los extremos fríos, se aprecia por medio de menor precipitación en la mitad del año siguiente a cualquiera de los extremos. La señal llegaría antes (segundo bimestre) tras el evento cálido que tras el evento frío (tercer bimestre).

En cuanto a la precipitación total parece claro que los años de *El Niño* fueron lluviosos mientras que los siguientes a años de *La Niña* se caracterizarían por ser años especialmente secos.

Referencias

- Berlage, H. P., 1957: «Fluctuations of the general atmospheric circulation of more than one year, their nature and prognostic value». *K. Ned. Meteor. Inst. Meded. Verh.*, 69, 152 pp.
- Bjerknes, J., 1961: «El Niño study based on an analysis of ocean surface temperatures». *Inter Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 5, 217-234.
- Bjerknes, J., 1966a: «Survey of El Niño 1957-58 in its relation to tropical Pacific meteorology». *Inter Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 12, 1-62.
- Bjerknes, J., 1966b: «A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature». *Tellus*, 18, 820-829.
- Bjerknes, J., 1969: «Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific». *Mon. Wea. Rev.*, 97, 163-172.
- Brunet, M. y D. López, 1991: «La influencia de la Oscilación Austral en los regímenes pluviométricos de la fachada atlántica española». En *Sociedad y Territorio*. XII Congreso Nacional de Geografía. AGE Universidad de Valencia. 121-126
- Cadet, D. y R. Garnier, 1988: «L'oscillation australe et ses relations avec les anomalies climatiques globales». *La Météorologie*, 21, 4-18.
- Delannoy, H., 1982: «Introduction à l'étude des relations entre les températures des eaux océaniques et les précipitations côtières marocaines». *Noroi*, 116.
- Ekman, V. W., 1905: «On the influence of the Earth's rotation on ocean currents». *Arch. Math. Astron. Phys.*, 2, N° 11.
- Flohn, H. y H. Fleer, 1975: «Climatic teleconnections with the equatorial Pacific and the role of ocean/atmosphere coupling». *Atmosphere*, 13, 98-109.
- Fraedrich, K., 1990: «European Grosswetter during the warm and cold extremes of the El Niño/Southern Oscillation». *Int J. Climatol.*, 10, 21-31.
- Fraedrich, K. y K. Müller, 1992: «Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes». *Internal. J. Climatol.*, 12, 25-31.
- Fraedrich, K., K. Müller y R. Kuglin, 1992: «Northern hemisphere circulation regimes during extremes of the El Niño/Southern Oscillation». *Tellus*, 44A, 33-40.
- Julian, P. R. y R. M. Chervin, 1978: «A study of the Southern Oscillation and Walker Circulation phenomenon». *Mon. Wea. Rev.*, 106, 1433-1451.
- Laita, M. 1995: *El fenómeno del Niño y su influencia climática en el Mediterráneo Occidental*. Dpt. Ciències de Terra. Universitat de les Illes Balears. Tesis Doctoral. Inédita.
- Laita, M. y M. Grimalt, 1994: «Análisis objetivo del campo de presión en el Mediterráneo Occidental y clasificación del mismo para meses secos en las Islas Baleares». En A. Justicia/ R. Dominguez, E. García, Eds. *Perfiles Actuales de la Geografía Cuantitativa en España*. Universidad de Málaga/AGE, 117-128.
- Laita, M. y M. Grimalt, 1996: «Cyclonic and anticyclonic patterns in the western Mediterranean during El Niño/Southern Oscillation extremes». *Int. Climatol.* (en prensa).

- Linés, A. y A. Mabres, 1992: «Repercusiones del fenómeno El Niño en escenarios lejanos». En *Paleo Enso Records*. Extend abstracts, 173-174
- Namias, J., 1978: «Multiple causes Of the North American abnormal winter 1976-77». *Mon. Wea. Rev.*, 106, 279-295.
- Namias, J. y D. R. Cayan, 1984: «El Niño: Implications for forecasting». *Oceanus*, 27, 41-47.
- Philander, S. G. H., 1989: *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic Press, New York.
- Quinn, W. H., 1987: «El Niño», en *Encyclopedia of Climatology*, 411. Oliver, J. E. y R. W. Fairbridge, Eds., Van Nostrand Reinhold, New York.
- Rasmusson, E. M. y T. C. Carpenter, 1982: «Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño». *Mon. Wea. Rev.*, 110, 354-384.
- Ropelewski, C. F. y M. S. Halpert, 1987: «Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/ Southern Oscillation». *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1607-1626.
- Sette, O. E. y J. D. Isaacs, Eds., 1960: «The changing Pacific Ocean in 1957 and 1958». *Invest. Rep.*, 7. Calif. Coop. Ocean Fish., Scripps Inst. of Oceanogr., La Jolla, Calif.
- Walker, G. T., 1923: «World weather I». *Mem. Indian Meteor. Dep.*, 24, 75-131.
- Walker, G. T. y E. W. Bliss, 1932: «World weather V». *Mem. R. Meteor. Soc.*, 4, 53-84.
- Wilby, R., 1993: «Evidence of ENSO in the synoptic climate of the British Isles since 1880». *Weather*, 48, 234-239.

**Contribución al
concepto de clima**

Alberto Linés Escardó
*Doctor en Ciencias
Físicas. Meteorólogo*

Territoris (1998), 1:
203-213

Contribución al concepto de clima

Alberto Linés Escardó

Doctor en Ciencias Físicas. Meteorólogo

Resumen

No es fácil definir el clima; se han dado numerosas definiciones. El concepto de Sistema Climático es esencial para llegar a un claro concepto de clima y su estabilidad. El autor lo relaciona con la circulación general atmosférica y se analiza el diferente papel de la variable tiempo en la Climatología y en la Meteorología dinámica.

Abstract

Climate is not an easy to define concept; on the past, several definitions have been proposed. The concept of a climatic system composed by atmosphere, hidrosphere, litosphere, criosphere and biosphere is essential to get a clear conception of the climate and its stability. The author relates hereby to the general circulation of the atmosphere with some aspects of the climate. The different role of the «time» in problems of general climatology versus dinamic meteorology are discussed.

Recepción del manuscrito, noviembre de 1996

Introducción

Acerca de lo que es el clima, no siempre hay conceptos concordantes. Quizá por ello son muy numerosas las definiciones y es preciso señalar que han variado a lo largo de los años y no solo en aspectos puramente adjetivos. Pese a ello, se trata de un concepto que usamos continuamente, de esencial importancia en el conocimiento de los procesos atmosféricos, y por supuesto en las manifestaciones biológicas del Planeta.

Definiciones de clima

Muchas han sido las definiciones formuladas y, lógicamente, no todas han podido ser plenamente satisfactorias.

La etimología de la palabra clima es algo compleja. En griego, «klíma», es equivalente a **inclinación**. En latín hay varias acepciones. Para Apuleyo, clima es el «espacio de cielo» o **inclinación** que basta para producir una diferencia de media hora en la duración de los días. Para San Isidoro, clima viene a ser grados de latitud; en cualquier caso, habría que asociarlo con **inclinación**; tal vez por ello, la primera clasificación climática de que tenemos noticia la estableció Ptolomeo con criterios de latitud.

Humboldt, hacia 1845, establecía que «el término clima designa todos los cambios en la atmósfera que significativamente afectan la humana psicología» (1). Durante algún tiempo, clima fue sinónimo de temperatura, y aún encontramos tal acepción en autores del siglo pasado. Pero ya a finales del mismo aparecen aproximaciones más rigurosas al concepto de clima. Por entonces, está en pleno apogeo la Estadística, y no debe extrañar que las definiciones de clima de entonces tengan un fuerte condimento estadístico. Así, para Hann (2) es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre. Añade que «el clima comprende la totalidad de los estados verdaderos de la atmósfera, el conjunto de los tipos de tiempo». Entiende Monn, (3) que clima se concibe como un estado medio de los elementos de un lugar, y las variaciones ordinarias diurnas y anuales de los mismos.

Más recientemente, Conrad (4) establece que la Climatología física se ocupa de la física de los estados medios de la atmósfera, a diferencia de la Meteorología que estudia la física de cada estado o fenómeno individual de la atmósfera.

N. Sama (5) dice que clima físico de una comarca es el conjunto de las variaciones atmosféricas en el transcurso de los años. Haurtwitz y Austin (6) asumen el concepto de clima como una síntesis de las condiciones atmosféricas en un lugar.

Algo semejante dice Catalá (7), al definirlo como la síntesis, día a día, de los valores de los elementos que afectan a un lugar.

Landsberg (8) lo define como conjunto de estados de la atmósfera en un lugar dado o en un área dada dentro de un especificado periodo de tiempo.

Para Lorente (9) por clima de un lugar puede entenderse la situación atmosférica imaginaria que en un momento determinado reinaría en él, si la temperatura, la humedad del aire, el viento y los demás elementos meteorológicos tomaran precisamente los valores medios de la temperatura, la humedad, el viento, etc, observados durante un cierto periodo de años, lo más largo posible.

Para Contreras Arias (10), «clima es el conjunto de las características que definen el estado más frecuente de la atmósfera y la distribución de los fenómenos meteorológicos, a través del año, en un lugar de la superficie de la Tierra».

Sorre (11) define el clima como «el ambiente atmosférico constituido por la serie de estados de la atmósfera sobre un lugar en su sucesión habitual».

Köppen (12) aporta esta definición: «Clima es el estado medio y proceso ordinario del tiempo de un lugar determinado».

Pédelaborde (13) compara las definiciones de Sorre y Hann; concibe el clima a partir de una combinación de los elementos meteorológicos y sus tendencias en lo que tienen de dominantes y permanentes.

A. S. Monin (14) ofrece la definición de clima como «un conjunto estadístico de estados del sistema atmósfera, tierra, océano durante un periodo de tiempo de varias décadas».

Thornthwaite (15) introduce el concepto de evapotranspiración y con ello aporta la introducción de conceptos afines a la Biología, y así define el clima como la «integración de los factores meteorológicos y climáticos que concurren para dar a una región su carácter y su individualidad». Puede ser objetada la inclusión del término «climático» en la anterior definición.

En la Enciclopedia de la Ciencia y la Tecnología (Salvat, 1944) aparece esta idea, firmada por J. Jansá G.: «el clima de una región se refiere a la totalidad de las condiciones atmosféricas sobre un cierto tiempo, no sólo a las condiciones medias, sino también a su variabilidad».

Para Ruiz de Elvira (16), «clima es la secuencia temporal de los estados instantáneos del tiempo atmosférico».

En el Diccionario de la Lengua Española, podemos leer : Clima, conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región. 2. Temperatura particular y demás condiciones atmosféricas y telúricas de cada país (Vigésima primera edición, 1992).

Font (17) insiste en la dificultad en la definición de clima y alude a la diversidad de enunciados.

Poncelet añade la idea de fluctuación en la definición de clima, mas apropiada quizá que la variabilidad y formula esta definición: «Es el conjunto fluctuante de elementos físicos, químicos y biológicos que caracterizan la atmósfera en un lugar y su influencia sobre los seres vivos»; esta definición se aproxima mucho y parece inspirar a la que figura en la Guía de Prácticas de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial: «Clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo en un dominio espacial determinado». Y en las actas de la Conferencia Mundial del Clima, en 1979, se define el clima de forma algo diferente: «Es la síntesis de los fenómenos meteorológicos en todo un periodo suficientemente largo , estadísticamente, para establecer su conjunto de propiedades estadísticas (valores medios, varianzas, probabilidades de los fenómenos extremos etc); es en gran parte independiente de cualquier estado instantáneo».

Ofrecida por la OMM una definición, que en alguna manera tiene carácter que pudiéramos llamar oficial por su procedencia, su aceptación entra en las reglas del juego en principio, lo que no quita para que pueda ser evaluado su contenido; es preciso reconocer que no acaba de convencer a todo el mundo. En primer lugar el concepto de «conjunto» es casi tan amplio como queramos. La teoría de conjuntos que aparece en 1880 con Cantor; no bien recibida entonces, acabó por imponerse, pese a las paradojas, como la de Russel (18). Por supuesto que, para evitar ambigüedades, es preciso que los elementos del conjunto se definan en forma inequívoca y unívoca, algo que a duras penas puede aceptarse en la anterior definición. Por otra parte el concepto «estados» es también muy amplio; las cosas podrían simplificarse si nos refiriéramos a los estados susceptibles de parametrizar.

El propio Peixoto (19), parafraseando a San Agustín al tratar de definir del tiempo, dice: «Quid est CLIMA ? Si nemo a me quaerat, scio!. Si quaerenti explicare velim, nescio!». ¿Que es clima? Si nadie me lo pregunta, lo se. Si me lo preguntan y trato de explicarlo, no lo se». Gibbs (20), en otra línea, llama la atención sobre la ambigüedad acerca de tiempo y clima.

Así como el término clima ofrece dificultades en la precisión de sus especificaciones, éstas aparentan allanarse cuando aparece adjetivado. Por ejemplo, Martonne no tiene inconveniente en definir clima caliente como aquél en que la temperatura media anual del aire es mayor de 20°C. Y en muchas de las clasificaciones climáticas, a cada tipo de clima se le asigna un calificativo, y ello es aceptado sin dificultades por los climatólogos.

Clima y climatología

Tampoco parece haber dificultades a la hora de hablar de la palabra Climatología. Mas aún, muy autorizados autores parecen evitar en alguna forma el entrar en el concepto exacto de lo que significa clima, pero emplean sin la menor reserva y generalmente no se

encuentra dificultad con el término «Climatología». Ello pudiera parecer un contrasentido, pero no lo es; no estamos muy seguros de lo que es clima pero sí sabemos de qué se trata cuando hablamos de Climatología. Ciertamente que ello no constituye excepción y situaciones análogas se encuentran en otras ramas de saber. Por ello tal vez no sea la peor de todas las definiciones de clima la siguiente: Clima es el objeto específico de estudio de los buenos climatólogos, entendiéndose por tales los así conceptuados en la comunidad científica internacional.

Si no hay muchos reparos en hablar de Climatología, menos hay en referirnos a sus especialidades: analítica, dinámica, sinóptica u otras. Cada una persigue un objetivo y tiene unos fines no muy difíciles de definir. Jansá (21) gusta referirse al objeto de la Climatología desde varios puntos de vista: el ecológico, el estadístico, el físico y otros, y los establece con claridad.

Claro que el empleo del término «Climatología» ofrece también algún tipo de riesgos. No es raro que al abordar ciertas disciplinas, se confundan los contenidos con los métodos. El estudiante de Física a veces pone más esfuerzo mental en el aparato matemático que en el significado de las fórmulas. En ocasiones, este aparente desvío puede proceder incluso del planteamiento inicial de la materia. Así, hay ciencias donde es difícil la confusión, como en la propia Lógica donde por definición, *logike*, del griego, que sobrentiende *techne*, es el arte del razonamiento, y está claro su objeto. Otras disciplinas, en cambio, versan sobre metodologías y técnicas para abordar el objeto de su estudio, y son aquellas donde el «logos», tratado, resulta esencial. Esto se da en alguna forma en el caso de la Meteorología y por supuesto, la Climatología. Cuando una rama del saber se especializa, añade al vocablo principal la terminación «logía» y entonces aparece una nueva rama del conocimiento.

El «logos», aparenta tener connotaciones con el método, y de ahí pueden aparecer confusiones, y más aún en la Climatología, cuando todavía existen reticencias y diferentes puntos de vista acerca de la propia definición y de lo que significa la palabra clima. Puede darse el caso de confundir el propio estudio del clima con la metodología y técnicas empleadas para su conocimiento.

Otro desvío que a veces se presenta consiste en tratar como temas de Climatología algunos que no lo son. Tal vez sea oportuno recordar que, en las numerosas definiciones de clima que antes hemos citado, la casi totalidad, quizá con la sola excepción de la primitiva de Ptolomeo, hacen referencia a hechos, estados o condiciones atmosféricas o fenómenos directamente relacionados con ellos. Es decir, el clima es algo que atañe primordial y fundamentalmente a la atmósfera, aunque no exclusivamente a la atmósfera. No debe extrañar que la Climatología haya ido de la mano de la propia Meteorología y que, sin un conocimiento de ésta, no pueda profundizarse en aquella.

Clima y sistema climático

Ha permitido dar pasos importantes en el conocimiento del clima, el abordarlo en el marco del sistema climático. Pudiera resultar algo extraño el hecho de que esté más claro conceptualmente lo que es el sistema climático y lo que en realidad es el clima.

Sin embargo, ha despejado muchas cosas el concepto de sistema climático. Más aún, para profundizar en el concepto de clima, es preciso no polarizarse en la atmósfera, aunque como va dicho juega un papel protagonista. Así, en los últimos decenios, las mejoras en los medios de observación han llevado a la convicción de que los fenómenos

atmosféricos así como los climáticos, para su plena comprensión, sólo pueden ser planteados a escala global. El planeta Tierra es un todo, y sus diferentes partes están estrechamente relacionadas entre sí.

En realidad, es ventajoso concebir a la atmósfera como parte integrante de un complejo sistema formado por la propia atmósfera, la hidrosfera, la superficie terrestre o litosfera, la criosfera y la biosfera. De este sistema, prescindiendo de momento de la biosfera, el componente más sensible es la atmósfera (22). Por referirnos sólo a la temperatura, no es raro que en un día soleado de primavera la oscilación diaria de la temperatura alcance los veinte grados, mientras que a medida que penetramos en el suelo, la oscilación térmica va disminuyendo de forma rápida, y en el mar, sólo es perceptible en las capas más superficiales. Y las grandes masas de hielos son sumamente lentas ante los cambios térmicos.

La mayor sensibilidad atmosférica es debida a su menor capacidad calorífica. Si una columna de aire descansa sobre el océano, teniendo en cuenta su masa y el calor específico del aire, resulta que la capacidad calorífica de dicha columna de aire vendría a ser menor que otra de agua del mismo diámetro y de unos dos metros y medio de altura. Suponiendo con A.S. Monin que la capa de aguas oceánicas implicadas en los cambios climáticos a lo sumo llega a unos 240 metros de profundidad y la del terreno unos diez metros, las capacidades caloríficas de los componentes del subsistema atmósfera-océano-suelo vendrían a estar en la proporción 1: 68,5 :0,45. Estos componentes mantienen un régimen de intercambio energético.

Un cambio significativo en un componente del sistema induce a cambios en los restantes, hasta que pueda alcanzarse un nuevo de equilibrio.

El sistema climático podemos considerarlo como un sistema dinámico integrado por los cinco componentes interactivos citados, que con mayor propiedad podríamos denominarlos subsistemas; son abiertos, y no aislados, puesto que reciben energía solar a través del espacio, pero en la práctica son aislados en cuanto a materia. Actúan interrelacionados por complejos procesos físicos que incluyen flujos de energía y de materia; generan a veces mecanismos de realimentación, positiva o negativa. Hay que señalar que los componentes del sistema climático son termodinámicamente heterogéneos, caracterizados por su composición química y su estado mecánico y termodinámico (23).

Para el estudio del sistema climático, es preciso parametrizar, en general en forma tridimensional, determinadas variables, según necesidades específicas del cada problema. Las variables más usuales para dicho estudio, en la atmósfera, son la presión, temperatura, viento, humedad, nubosidad, contenido de agua sólida y líquida en las nubes, vorticidad y composición química del aire. En el océano son precisas variables tales como corrientes marinas, salinidad, contenido de bióxido de carbono y, según los casos, medidas de fitoplancton. Y en la litosfera, temperatura superficial, albedo y en las capas más profundas, humedad, textura y a veces capacidad calorífica. Los criterios de parametrización en la criosfera y en la biosfera son complejos y función del estudio a realizar.

Todos estos parámetros, aplicados a espacios supuestamente homogéneos, ofrecen un caos, un enorme número de posibles estados del sistema, de modo que su tratamiento debe ser abordado estadísticamente. Éste es el planteamiento de la definición de clima de A.S. Monin, antes citada.

En cualquier proceso de un sistema dinámico, hay un estado inicial o condiciones iniciales de partida y un estado final. Cuando todos los estados finales forman parte del mismo conjunto que los estados iniciales, o llevan al mismo conjunto de propiedades

estadísticas, el sistema se llama transitivo o ergódico. Los procesos cíclicos o periódicos son ergódicos. Un sistema es intransitivo cuando los estados iniciales llevan en general a estados finales que no pertenecen al conjunto de estados iniciales. Ello supone cierta irreversibilidad en los procesos. Y finalmente, podemos definir un sistema cuasi intransitivo a un sistema transitivo que, no obstante, puede alcanzar diferentes conjuntos estadísticos de estados a partir de estados iniciales distintos, a través de una evolución larga, pero finita.

Problema capital en el sistema climático es conocer su carácter. No se puede afirmar rotundamente si es intransitivo; todo parece indicar que un sistema cuasi intransitivo.

Lo que sabemos acerca del sistema climático no resuelve todas las dudas que podamos tener acerca de lo que es el clima; aclara, sin embargo, muchos aspectos conceptuales.

Clima y tiempo cronológico

El clima de un lugar viene marcado por lo que la atmósfera tiene de permanente en el mismo, frente a lo contingente del día a día del tiempo atmosférico; el calendario trae imágenes diferentes de la atmósfera (24). En varias de las definiciones de clima se hace referencia a un plazo de tiempo, diríamos que para cuantificar valores de determinados parámetros. En el caso de tratarse de elementos del clima, tales como la temperatura, la precipitación, la presión y otros que han de recibir tratamiento estadístico, la Organización Meteorológica Mundial recomienda plazos de 30 años. Monin habla de «varias décadas»; en la definición que denominamos oficial, se habla de «un periodo suficientemente largo». Hay sin duda algo de convencional o de artificioso en todo ello.

El concepto de sistema climático puede arrojar algo de luz a la hora de tratar de objetivizar en alguna manera los períodos de tiempo. Cuando el sistema climático se encuentre estabilizado, los valores medios, y lo mismo podríamos decir de los más frecuentes, podrán obtenerse en función de un número convencional de años; pongamos los 30 recomendados. Podrá haber algunas diferencias en los valores medios según los periodos de 30 años, o los que fueren, que hayan sido elegidos, aunque por pragmatismo serán más convenientes los recientes. Las diferencias de las medias según los períodos empleados, entrarían dentro de las fluctuaciones climáticas. Es decir, con el sistema climático estabilizado, elegido el periodo para valores medios, la amplitud de la fluctuación queda establecida.

Cuando el sistema pierde la estabilidad, se dice hay un cambio climático: entonces habrá que hacer la salvedad de que los valores promedio están en transición y, de emplearse valores medios de un periodo estable, deberá tenerse en cuenta que pueden no ser plenamente satisfactorios para todos los propósitos.

Clima, climatología dinámica y climatología sinóptica

Albentosa (25), en un extraordinario y minucioso estudio sobre la evolución histórica del concepto de clima, así como Capel (26) discuten aspectos del estudio del clima desde el punto de vista analítico y el dinámico. Albentosa señala que la Climatología analítica o tradicional se ha basado en la consideración de la marcha de los fenómenos atmosféricos por la superposición de dos efectos: el normal, considerado como principal, y

la perturbación o anormalidad. El citado autor se decanta por la necesidad de una sólida base de Climatología dinámica para abordarse en profundidad el estudio del clima de un lugar. Señala que la Climatología dinámica precisa del conocimiento de la circulación general atmosférica. Aún iríamos más lejos y nos atreveríamos a decir que precisamente el objeto de la Climatología dinámica es esencialmente el estudio de la circulación general atmosférica y su aplicación a escala regional.

Partiendo precisamente del concepto de la circulación general, apuntaríamos para el clima esta definición: el clima de un determinado lugar es la síntesis de la circulación general en el mismo. Esta definición precisaría matizaciones en el caso de microclimas en espacios muy pequeños. En cualquier caso, el microclima se inscribe en el marco de un mesoclima.

La Climatología sinóptica ha caído algo en desuso, pero tuvo un gran momento entre los años treinta a los cincuenta. Durst (27) recuerda que Bergeron propuso en 1930 el uso de las masas de aire para describir el clima de una región. En la práctica las dificultades de esta metodología no son pequeñas: entre otras, la necesidad de una definición universal de masa de aire, complicación con los fenómenos frontales y en general con los asociados a la convección, a veces muy complejos, por ejemplo en el Mediterráneo (28). Por parte de meteorólogos alemanes, la Climatología sinóptica especialmente los trabajos de Dinies (29) fueron empleados para la diagnosis diaria en la predicción del tiempo. En la Segunda guerra mundial la falta de información fue suplida en parte con la Climatología sinóptica. Lansberg, Belasco y otros autores hicieron también importantes aportaciones en este tema.

La variable tiempo en el clima

La Meteorología dinámica, el Análisis y la Predicción del tiempo estudian las variables atmosféricas en función del tiempo, del cronos. La variable t es fundamental y para el pronóstico, una vez parametrizado el estado atmosférico, en la aplicación de los modelos empleados se incrementa dicha variable en un número de horas o días. El tiempo, cronos, es variable esencial y aún en las predicciones puramente empíricas, en alguna forma está presente.

En la Climatología, el planteamiento de la variable tiempo es muy distinto. Se parte de la variabilidad con el tiempo de los diferentes parámetros atmosféricos, pero en el discurso de lo climatológico, se hace lo imposible para prescindir de dicha variable tiempo. Como los estados atmosféricos son infinitos, se recurre a planteamientos estadísticos, no siempre sencillos como en el caso de la circulación general atmosférica, piedra angular de la Climatología dinámica. Los algoritmos estadísticos pueden ser un recurso para eliminar el tiempo, pero por supuesto, no es el único, y queda un largo trecho por recorrer para encontrar otros medios que nos permitan separar de las variables atmosféricas en un lugar o región, lo que tienen de contingentes. En la medida en que hablemos de lo permanente, estamos refiriéndonos al clima, mientras que si lo esencial es la dependencia de t , nos encontramos en la Meteorología clásica o si se quiere, en la operativa. La eliminación del tiempo es fundamental para conocer el clima en un periodo de estabilidad.

La eliminación del parámetro tiempo y el estudio en sí mismos y con relación al medio, de los elementos atmosféricos, lo que constituye el objeto de la Climatología, debe hacerse en el contexto de unas condiciones de equilibrio, o cuasi equilibrio, en el sistema climático (30).

Predicción del clima y modelos de circulación general

Una de las formas de eludir la variable tiempo, aunque parezca una paradoja, es «saturarse» de la misma o, mejor aún, agotarla, por decirlo de alguna manera. Ello podría lograrse si pudiéramos representar, como en una película, todas las situaciones atmosféricas posibles, de manera que la secuencia de las mismas, la repetición de situaciones, permitiría hacer una síntesis de la circulación general atmosférica, y por tanto, del clima. Se podría suponer hipotéticamente que, si pudiéramos tenerlas todas presentes a la vez, habríamos en cierto modo superado la variable tiempo.

Algo de esto es lo que vienen a hacer los GCM cuando se ruedan decenas de años. Hoy por hoy, tales modelos de circulación son la mejor y más eficiente herramienta para la predicción climática, que en cierto modo es diagnosticar las condiciones de equilibrio en el sistema climático. Dichos modelos, en un periodo de tiempo suficientemente largo, representan los estados atmosféricos previsibles a largo plazo, las situaciones repetitivas y, en una palabra, las tendencias climáticas. En buena parte, gracias a los modelos, hoy tenemos una idea de lo que puede ser o suponer el cambio climático en el próximo siglo, en las hipótesis de unos determinados escenarios.

Cierto que los GCM tienen sus limitaciones, y no son precisamente pequeñas. Acaso la primera, y no la menos importante sea de tipo conceptual. En los programas de los GCM encontramos las leyes físicas del sistema climático o al menos parte de ellas. Son leyes rigurosamente físicas a las que se aplican criterios físicos. Hay pues un contexto determinista en la concepción del modelo. Sin embargo, el punto de partida, el valor inicial del tiempo y la red de datos sobre los se aplican tales leyes, tienen algo de aleatorio en su selección. Vienen afectados por una representatividad que no puede ser garantizada con rigurosidad. Además se aplica una concepción continuista, típica de las leyes físicas empleadas, a una base de partida discreta; cierto que en las ciencias aplicadas tal cosa es nada infrecuente.

Otro reparo a los GCM está en su «prepotencia». Al poder utilizar modelos inspirados en los costosísimos empleados en la predicción del tiempo, las razones económicas no están ausentes al tratar de ensayar otras vías. En cualquier caso, a la hora de valorar los resultados y sacar conclusiones sobre el futuro del clima, considerado como una síntesis de toda la circulación general, se hace muy necesario tener presente las limitaciones de este tipo de modelos.

Bibliografía

1. *Compendium of Meteorology*. AMS. 1951, pág 1113.
2. Hann. *Handbuch der Klimatologie*, Viena 1882.
3. A.Linés. *Climatología Aeronáutica*, Col. Temas Aeronáut. 1992.
4. V. Conrad. *Fundamentals of Physical Climatology*. Harvard University P. 1942.
5. N. Sama. *Predicción del Tiempo en Agricultura*. E. Calpe 1921
6. B. Haurwitz y J. Austin. *Climatology*. McGraw-Hill, N. Y. 1944
7. J. Catalá. *Introducción a la Meteorología*. Ed. Alhambra 1987.
8. H. Landsberg. *Handbook of Meteorology, sec XII*. McGraw-Hill, N. Y. 1945
9. J. M. Lorente. *Meteorología*. 4ª ed. E. Labor 1961.
10. A. Linés, Ob. citada.
11. M. Sorre. *Sur la Conception du Climat*. Montpellier, 1936.
12. W. Köppen. *Climatología*. México-Buenos Aires, 1948.

13. P. Pédelaborde. *Introduction a l'Etude Scientifique du Climat*. SEDES, 1970.
14. A. S. Monin. *An Introduction to the Theory of Climate*. Reidel Publishing Co. Acad. Publishers Group.
15. C. W. Thornhwaite. *An Approach toward a rational Classification of Climate*.
16. A. Ruiz de Elvira. *Curso sobre Cambio Climático en la Región Mediterránea*, Fundación Areces, 1995
17. I. Font. *Climatología de España y Portugal*, INM 1983.
18. E. Linés Nogueras. *Ej. de A. matemático*, Madrid 1949.
19. Peixoto. «Quid est clima?». Conf. Magistral Sesión Climatología OMM, Lisboa, 1989.
20. W. J. Gibbs. «Definiendo clima». *Bol. OMM*, 1987.
21. J. M. Jansá Guardiola. *Curso de Climatología*. I.N.M. 1963
22. A. Linés. *Cambios en el Sistema Climático*. INM S. A-138. 1990
23. Peixoto. Ob. citada.
24. L. G. Pedraza. «Clima y calendario». *Bol. Clim. SMN*. Agosto 1963
25. L. M. Albentosa. «Evolución Histórica del Concepto de Clima y Métodos de Estudio». Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española. Tarragona, 1975.
26. J. J. Capel. *Los Climas de España*. Col C. Geográficas, 1981.
27. C. S. Durst. «Climate: The Synthesis of Weater». *Compendium of Meteorology*. AMS 1950.
28. A. Jansá Clair, C. Ramis, S. Alonso y M. A. Heredia. «Convección sobre el Mediterráneo Occidental. Estudio Sinóptico». *Revista Aso. Meteorológica Española*, jun 1986.
29. E. Dinies. «Luftkörper-Klimatologie». *Aus. Arch. Dtsch. Bd.* 50. Nr. 6, 1932.
30. A. Linés. «Determinismo en las Leyes, Aleatorio en los Datos». *Bol. Asociación Meteorológica Española*, 1995.

**Tres ideas-clave
sobre el medio
ambiente a escala
planetaria**

Javier Martín Vide
*Professor de Geografia
Física. Universitat de
Barcelona*

*Territoris (1998), 1:
215-222*

Tres ideas-clave sobre el medio ambiente a escala planetaria

Javier Martín Vide

Professor de Geografía Física de la Universitat de Barcelona

Resumen

En el artículo se reflexiona acerca de tres ideas-clave sobre el medio ambiente planetario: 1) la inexistencia de fronteras; 2) la finitud y fungibilidad de los recursos terrestres; y 3) la sospecha de que la actuación antrópica habitual es capaz ya de alterar significativamente el medio a escala planetaria. Se proponen tres medidas para preservar el medio: el ahorro energético e hídrico, el disponer de leyes generales sobre el medio y la obligatoriedad de la educación ambiental.

Abstrat

Three key-ideas about the planetary environment -1) inexistence of borders; 2) the finite and consumable character of the terrestrial resources; and 3) the capacity of the ordinary anthropic action to produce significative changes in the global environment— are discussed. Three actions to preserve the environment — energetic and hydric saving, to have general laws on environment and the obligatority of environmental education— are proposed.

Recepció del manuscrit, octubre de 1996

Introducción

Las concepciones actuales sobre el medio ambiente refuerzan los enfoques globales sobre los parciales o locales. Desde un punto de vista científico, el medio no es parcela exclusiva de un determinado tipo o colectivo de investigadores, lo que ya revela una realidad facetada y rica, que tiene un funcionamiento pleno y coherente sólo cuando no es dividida o desmembrada. Bajo unas coordenadas conservacionistas y de desarrollo sostenible, habrá que cuidar que la acción antrópica habitual no altere peligrosamente el medio a una escala planetaria. Hoy se cuenta con la ventaja de alguna coyuntura favorable —existe, al menos, una creciente concienciación por parte de la sociedad sobre la problemática ambiental—, pero el subdesarrollo y la falta de recursos de muchos países reducen o retardan las acciones de protección del medio. El compromiso personal y la adecuada gestión colectiva han de salvaguardar nuestro medio ambiente planetario, sobre el que, de entrada, cabe plantear tres ideas-clave.

La inexistencia de fronteras

La primera idea-clave es la inexistencia de fronteras en el medio ambiente planetario. Con referencia al medio atmosférico, si se puede decir que el siglo XX se inicia en Meteorología con la tesis de que en la atmósfera hay fronteras o discontinuidades, como tales fueron definidos los frentes en el segundo decenio de este siglo por los meteorólogos noruegos, lo que supuso una idea extremadamente avanzada (cómo, si no, hacer entender que en un medio tan continuo y etéreo como el aire haya fronteras), el siglo, en cambio, acaba, si se quiere en otro nivel epistemológico, global, con la certeza de que no hay fronteras en el medio atmosférico.

En efecto, hoy se reconoce que el medio ambiente en su globalidad, como en particular el subsistema atmosférico, no puede individualizarse ni en espacios o regiones, ni tampoco en sus componentes, porque existe una red densísima de conexiones, una interdependencia total entre los diferentes espacios y también entre los distintos componentes. Tanto es así, que ya no se habla de sistema atmosférico, sino del sistema atmósfera-océano, tales son las mutuas implicaciones —transferencias energéticas e hídricas— entre ambos y, más recientemente, del sistema atmósfera-océano-biosfera, y hasta se añade a lo anterior el sistema socioeconómico. Un ejemplo modélico lo suministra el fenómeno de El Niño, que sigue constituyendo uno de los temas de vanguardia en la investigación climatológica y oceanográfica mundial.

Pero, además, en cuanto al espacio, no hay fronteras que valgan, los impactos ambientales, nuestros vertidos contaminantes, por poner un ejemplo, tienen repercusiones en nuestros vecinos y, al final, en mayor o menor grado, en el conjunto del planeta. Los ejemplos son innumerables (no hace falta recordar cómo Chernóbil llegó a afectar a los países escandinavos). En el caso estricto de la atmósfera existe una estrecha, aunque en muchos casos poco conocida, interdependencia entre los sucesos meteorológicos y también entre las condiciones y las anomalías climáticas en unos lugares y otros del planeta, por alejados que estén entre sí.

De donde, esa globalidad e interdependencia de comportamientos invita a plantear en cualquier estudio del medio, y particularmente del atmosférico, enfoques a una escala global, y obliga en la gestión de los recursos de ese medio a utilizar pautas no exclusivistas en lo espacial, no egoístas, generosas, pautas —como se ha dicho— de solidaridad biosférica.

La finitud y la fungibilidad de los recursos terrestres

Una segunda idea-clave, que enlaza directamente con el concepto de desarrollo sostenible, es la de la finitud y, en muchos casos, también, fungibilidad, de los recursos terrestres (incluyendo, obviamente, a los del medio atmosférico). Acerca de la finitud de muchos de los recursos del planeta no caben dudas. Y ello obliga a plantearse el objetivo del desarrollo sostenible, es decir, de un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de atender sus propias necesidades —así ha sido definido por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo—. Las implicaciones y obligaciones de esta tesis son numerosas y merecerían en otro lugar una larga atención. Pueden citarse, al menos, tres de gran actualidad: a) el imprescindible ahorro energético e hídrico; b) el aprovechamiento de los recursos solares directos o derivados, que son, a escalas humana y geológica, ilimitados, con el fin de

rebajar el consumo de los planetarios; y c) la preservación de la biodiversidad —tema de enorme actualidad—.

La sospecha de que la actuación antrópica es capaz de alterar el medio a escala planetaria

Una tercera idea-clave es la sospecha fundada de que la actuación antrópica habitual es capaz ya de perturbar o alterar significativamente el medio a una macroescala o escala planetaria. Esto enlaza, evidentemente, con uno de los temas de más rabiosa actualidad, más apasionante científicamente y más inquietante: el del cambio climático inducido o antrópico. El desarrollo de nuestras sociedades podría así verse envuelto en unas coordenadas ambientales nuevas, comprometedoras de su progreso o de su sostenimiento. Porque las mejoras en los niveles de desarrollo socioeconómico de las sociedades humanas no garantizan estar siempre a salvo de las irregularidades y cambios naturales, y, sobre todo, de los inducidos, menos conocidos y auténticamente perturbadores de los sistemas naturales. Un ejemplo al respecto lo suministra la grave sequía padecida por el Sahel en los años setenta y ochenta.

Es evidente que los pueblos sahelianos habían mejorado claramente sus economías a lo largo de las últimas décadas, en buena medida como resultado de una sedentarización. Pasaron de unas economías nómadas a otras ligadas a ciertos cultivos o monocultivos. Se produjo entonces una notable anomalía climática, como fue la aparición de varios años seguidos con precipitaciones muy bajas, lo que conllevó la catástrofe. Ello fue así porque aquellas sociedades ya sedentarizadas no pudieron responder adecuadamente, como lo habían hecho durante siglos, cuando tenían una elevada capacidad de movilidad, acudiendo a las áreas menos perjudicadas por la sequía. Los pueblos sahelianos, muy dependientes de unos cultivos, en ese momento maltrechos por la falta de agua, sufrieron una grave quiebra económica y social. La anomalía climática comentada probablemente no hubiera producido consecuencias tan nefastas, si los pueblos sahelianos se hubieran encontrado en una fase menos avanzada —o más equilibrada o armónica con el medio— de su progreso económico.

Por ello, en ocasiones —no siempre, naturalmente—, las evidentes mejoras socioeconómicas, labradas en ciertos años consecutivos de normalidad climática o de un óptimo de condiciones, se ven seriamente comprometidas al aparecer años extremos, con un impacto que puede ser brusco o catastrófico en las propias sociedades. El desarrollo turístico o la intensificación de la agricultura en amplias áreas españolas pueden tener unos pies de barro al depender de unos recursos hídricos escasos o con visos de consunción (piénsese en la merma actual de las reservas de los acuíferos).

Resumiendo las tres ideas-clave: 1) somos habitantes de un planeta sin fronteras, o la responsabilidad de nuestra gestión de los recursos del medio es para con todo el planeta; 2) los recursos planetarios son finitos, o estamos obligados a afrontar un desarrollo sostenible, so pena de hipotecar muy seriamente la supervivencia de las generaciones futuras; y 3) la actuación antrópica habitual es ya capaz de alterar significativamente el medio a macroescala, o habrá que actuar con extremado cuidado para evitar los desequilibrios y reajustes catastróficos del medio ante la acción humana perturbadora, armonizando del modo más adecuado el desarrollo con los riesgos naturales e inducidos del medio.

Coyunturas favorables y desfavorables

Esas tres ideas-clave, que llevan en sí tres alertas, se encuentran hoy con unas coyunturas favorables para su acogida y para la puesta en práctica de las actuaciones más convenientes, como son: 1) el interés y la concienciación creciente del gran público por las cuestiones medioambientales, que reflejan bien los espacios cada vez más amplios destinados a ellas por los medios de comunicación (hace poco más de una década era raro leer una noticia de carácter medioambiental en la prensa; hoy a diario encontramos noticias con esa temática, y hasta en la misma publicidad); 2) la toma, recientemente, por primera vez, de decisiones políticas internacionales encaminadas al control de ciertas emisiones contaminantes del medio atmosférico (léase el acuerdo de la sustitución del empleo de los CFC por parte de los países industrializados, con, incluso, el recientísimo adelanto de la entrada en vigor del acuerdo al 1 de enero de 1996); 3) la consideración en todos los programas de investigación, sean los de la CE, los diferentes estatales, los españoles y los de las comunidades autónomas, del cambio medioambiental y climático como área prioritaria; 4) la mejora y la densificación de las redes de medida y de control ambiental, incluyendo la de los servicios meteorológicos; y 5) en fin, la fluidez en los intercambios científicos y técnicos, alentada por la consideración de la inexistencia de fronteras a la que antes se aludía (y hasta por el final de la guerra fría).

Pero hay también coyunturas desfavorables: 1) el subdesarrollo y la falta de recursos económicos, que no permite la adopción de medidas para la gestión racional de los recursos ni para el control ambiental en gran parte del planeta (de donde, asumida la globalidad de los problemas, son los países desarrollados los que, con una conciencia planetaria, han de hacer frente en gran medida a la costosa factura de su larga y desconsiderada actuación contra el medio propio y el de los países menos desarrollados); 2) la inercia de algunos de los procesos y la perdurabilidad de algunos de los productos no deseados o lesivos contra el medio (desde los residuos radioactivos hasta la acción de los CFC o el tiempo de respuesta del sistema climático ante el aumento en las concentraciones de CO₂, aun suponiendo que se redujeran drásticamente).

Tres actuaciones para preservar el medio ambiente y alcanzar el desarrollo sostenible

Tres actuaciones que, al hilo de las anteriores reflexiones, se revelan obligatorias para preservar el medio ambiente planetario, alcanzando el objetivo del desarrollo sostenible, son: los ahorros energético e hídrico; la necesidad de disponer de leyes generales sobre el medio ambiente; y la obligatoriedad de la educación ambiental.

La primera actuación, la del obligado ahorro energético e hídrico, es especialmente urgente. Las economías industriales de los países desarrollados se han basado en una energía abundante y, en un principio, barata: la de los combustibles fósiles —carbón, petróleo y gas natural—. Los tres son recursos no renovables. Con la nitidez de los números redondos, se estima que el consumo medio anual de combustibles fósiles en el planeta equivale nada menos que a la energía acumulada en sus depósitos durante un millón de años (o sea, la actuación antrópica actual consume en 1 año el resultado de la labor geológica de 1 millón de años).

Las reservas de petróleo conocidas se agotarán, en su mayor parte, en el próximo siglo, quedando sólo las más inaccesibles y costosas, si se mantienen los actuales índices de consumo. Al carbón y al gas natural le quedan pocos años más que al petróleo. En consecuencia, la quema, en la proporción en que se está llevando a cabo, de los combustibles fósiles no es una actividad sostenible, porque comporta su agotamiento en un breve lapso de tiempo y, además, porque de su combustión se liberan gases que están alterando significativamente la composición del aire de la troposfera, con repercusiones como el reforzamiento del efecto invernadero.

Sobre el ahorro hídrico, no habría que insistir demasiado en un país como España, con una marcada aridez en muchas de sus regiones y con sequías frecuentes en amplias áreas y no desconocidas en ningún lugar. Ampliando espacialmente el enfoque, los recursos hídricos, renovables y estables, disponibles para uso humano en el planeta se sitúan en unos 14.000 km³, claramente superiores al consumo, de cerca de 4.000 km³ anuales. Es decir, globalmente, sobran recursos hídricos. Sin embargo, este resultado optimista queda de inmediato matizado por la conocida desigualdad de su reparto planetario y por el hecho inquietante de que el consumo de agua *per capita* no cesa de aumentar, año a año, sobre todo, en los países desarrollados. Hoy, mientras en Estados Unidos y Canadá el consumo de agua por habitante y día es de unos 500 litros, en algunos países africanos es de tan sólo 5 litros (¡una centésima parte!). El lector puede considerar como referencia que bastan unos 100 litros de agua, o poco más, por persona y día para disponer de unas condiciones de calidad de vida aceptable.

En un buen número de países, incluyendo muchas comarcas españolas, los recursos hídricos están sometidos a una explotación no sostenible. Las áreas de agricultura intensiva de regadío del litoral mediterráneo peninsular y otras del interior presentan descensos de los niveles freáticos que obligan a extracciones de aguas muy profundas. En la cuenca del Segura, por ejemplo, hay más de 20.000 pozos registrados (sólo en un año de la grave sequía del primer lustro de los años 90 se cavaron 2.000), alguno de los cuales «pincha» el agua a más de 500 metros de profundidad.

Las elevadas evapotranspiraciones estivales en los climas mediterráneos plantean alguna duda razonable, al margen de polémicas de otro tipo, sobre la conveniencia de la instalación de campos de golf en la España mediterránea. Las características de este deporte y hasta su estética «verde», que arranca de su propio origen en un ámbito de clima húmedo, requieren de un tipo de césped jugoso, de imposible desarrollo, sin riego artificial, en nuestro medio mediterráneo. Se ha estimado, por ejemplo, que un campo de golf de dimensiones medias consume tanta agua como una ciudad de unos 10.000 habitantes.

La segunda medida enunciada, la necesidad de disponer de leyes generales sobre el medio, no ha de interpretarse en su vertiente más visible y popular, la de la creación de espacios protegidos. Lo que realmente se precisa es un conjunto legal que regule, pautе y controle toda actividad humana con repercusiones ambientales. En consecuencia, se tratará, forzosamente, de unas leyes que han de suponer una intromisión en la mayoría de las actividades y procesos productivos. Han de suponer la puesta en práctica de lo que se ha llamado una política económica ecológica, que conlleva casi siempre unos costes económicos importantes, que no pueden ocultarse. La aplicación efectiva de ese conjunto de leyes y medidas ambientales, dado por supuesto su aprobación, que se ha alcanzado en muchos estados, a menudo más por tratarse de un parámetro de prestigio que por convicción, no es nada fácil en el caso de los países pequeños y subdesarrollados. Difícilmente pueden ponerse en práctica ciertos controles en la explotación de los recursos naturales, cuando no se posee la capacidad de acordar con el exterior más poderoso unas normas de mercado ventajosas.

Acerca de los espacios protegidos, hoy hay acuerdo, en países con una impronta secular del ser humano en el medio, sobre la armonización en ellos del deseo ciudadano de disfrute de la naturaleza con la conservación de sus recursos y el desarrollo sostenible de las comunidades allí presentes.

La tercera actuación se propone conseguir la obligatoriedad de la educación ambiental, expresión ya consagrada. Más importante que sus contenidos concretos son las pautas de este tipo de enseñanza. En primer lugar, la educación ambiental se debería impartir desde los primeros años o niveles de la enseñanza, como materia básica. En segundo lugar, aunque ha de suponerse en cualquier enseñanza, no está de más recordar aquí, por las posibles distorsiones que pueda sufrir, que debe ser veraz, equilibrada y no catastrofista. Una información catastrofista puede tener un efecto inmediato positivo, en el sentido de coartar las acciones negativas contra el medio, pero siempre es, amén de su rango ético dudoso, contraproducente, en los aspectos prácticos, a medio plazo, cuando, tras la sorpresa o el temor inicial, se generan comportamientos contrarios y agresivos. En tercer lugar, la educación ambiental ha de fomentar el conocimiento y el contacto directo con el medio, sobre todo, en un principio, con el propio o del entorno. Dicho esto, y como cuarto rasgo, ha de fomentar también una visión global, planetaria y no localista, acorde con la primera idea-clave citada. Por último, ha de tender a desarrollar lo que algunos han denominado una conciencia ecológica, es decir, un sentido o instancia interior y personal que orienta acerca del comportamiento correcto en relación al medio ambiente.

Epílogo

El tema objeto de este artículo está apuntado solamente, hilvanado en los aspectos más delicados de la relación entre desarrollo y recursos. Oiremos de por vida los debates sobre la cuestión. Debemos asumir, con toda probabilidad, muy pronto una alta cuota personal y activa de participación responsable en el uso racional y sostenible de los recursos y en su preservación. Y más si cabe en nuestro medio mediterráneo. La responsabilidad es, pues, colectiva, de todos nosotros, y es una alta responsabilidad, porque ha de responder ante las generaciones venideras.

**Clima y
micropaleontología:
termómetros
biológicos y
archivos
sedimentarios**

Guillem Mateu
*Departament de
Ciències de la Terra.
Universitat de les Illes
Balears*

Territoris (1998), 1:
223-238

Clima y micropaleontología: termómetros biológicos y archivos sedimentarios

Guillem Mateu

Professor emèrit de la Universitat de les Illes Balears

Resumen

Los fenómenos meteorológicos regulan el clima de un espacio geográfico y oceanográfico determinados, siendo la temperatura, humedad, albedo, pluviosidad, salinidad, etc. efectos de la energía solar que llega sobre el planeta y de la efusión calorífica emergida del interior del mismo. Las rocas orgánicas y los sedimentos marinos son archivos de la historia climática gracias al análisis biocenótico y físico-químico de determinados organismos como los foraminíferos o protozoos marinos que por su gran número y diversidad específica y el oxígeno isotópico del carbonato de sus caparazones, nos permiten seguir el origen y distribución de las diversas masas de agua de los océanos y deducir las causas atmosféricas y geosféricas relacionadas con la evolución paleontológica de sus comunidades microfaunísticas.

Precisamente la Última Gran Glaciación (18.000 a B.P.) dejó un registro tectonoglacioeustático en el Mar Balear (Bahía de Palma, Canal de Menorca, etc.), cuyos eventos climáticos pleisto-holocénicos permitieron la recuperación posglaciar de los ecosistemas infralitorales y circalitorales sobre antiguos paleocauces y terrazas de la «Gran Balear» wurmiense.

Abstrat

The meteorological phenomena which regulate the climate of a particular geographic and oceanographic space, include temperature, humidity, albedo, rainfall, salinity, etc., the effects of solar energy reaching the planet, and the effusion of heat from the Earth's core. Organic rocks and marine sediments are records of the climatological history. Biocenotic and physical/chemical analysis of organisms such as the Foraminifera or marine rhizopod Protozoous enables us, because of their great number and specific diversity, to trace the origin and evolution of marine currents and deduce the geospherical and atmospheric causes related to palaeontological evolution and the ecological succession of these microfaunistic communities.

The Last Great Glaciation (18.000 to B.P.) left a tectonoglacioeustatic imprint on the Balearic Sea (Palma Bay, the Menorca Channel, etc.), whose pleisto-climatic events permitted the postglacial recovery of the infralittoral and circalittoral ecosystems on fossil river beds and terraces of the «Great Balear» wurmian.

Recepció del manuscrit, novembre de 1996

Introducción

Si el clima es el estado medio de los fenómenos meteorológicos que se desarrollan en un espacio geográfico durante un largo período de tiempo, de alguna forma tanto la atmósfera, como la hidrosfera y la geosfera habrán dejado unos rastros o huellas paleoclimáticas cuya información en el tiempo y en el espacio, nos permitirá medir las variaciones de la cantidad de energía que llega sobre la tierra.

Clima y energía son conceptos inseparables ya que uno de los parámetros climáticos es la temperatura ambiental y ésta depende, sobre todo, de la cantidad de energía emitida por los rayos solares que inciden sobre mares y continentes a través de la atmósfera. Tal incidencia aunque dependa de las variaciones axiales y orbitales (excentricidad, inclinación y precesión) del sistema, cuyos ciclos también tienen su lectura biológica en el mismo caparazón de los foraminíferos (Molfino, 1994), difícilmente puede medirse directamente y su evolución paleoclimática se sigue de forma indirecta a través del oxígeno isotópico de caparazones y exoesqueletos, de rocas orgánicas y sedimentos marinos.

Los mejores indicadores climáticos actuales son los recogidos por la red de estaciones meteorológicas mundiales, con sus sofisticadas técnicas de predicción a corto plazo y de fácil comunicación internacional vía satélite. No obstante, esto carecería de sentido científico sin la visión global y a medio y largo plazo de los grandes ciclos paleontológicos del clima con el estudio de aquellos parámetros de temperatura, precipitaciones, glacioeustatismo, hidrodinámica oceánica, frentes polares, etc. archivados en las especies biológicas de las rocas orgánicas y de los sedimentos marinos y que son indicadores, directos o indirectos de tales eventos ambientales. El estudio taxonómico, biocenótico y físico-químico de sus elementos conservativos y fosilizables nos permiten la labor y tanto la microscopía electrónica como la óptica facilitan la lectura micropaleontológica del clima tanto de los tiempos cuaternarios y antropológicos como de la historia del planeta en general (Frakes 1979, Zubakov *et al.* 1990, etc.).

La diversidad específica y ecofenotípica de las biofacies sedimentarias pueden estudiarse por grupos (Clusters) y su dispersión geográfica se sigue por análisis factorial de especies, teniendo en cuenta sus características ecológicas y los mecanismos tafonómicos y de traslado desde sus áreas de producción hasta los depósitos sedimentarios en donde siguen los procesos diagenéticos y de fosilización. Esta metodología de trabajo con su correspondiente cartografía elaborada en estos últimos años (Mateu 1992, Mateu *et al.* 1993a, Mateu *et al.* 1993b, Díaz del Río *et al.* 1993) ha evidenciado episodios climáticos como la Última Gran Glaciación (18.000 a B.P.) que permitía ir a pie enjuto de Francia a Inglaterra o recorrer el *Myotragus* la «Gran Balear» (fig. 1) por aquello de que el nivel del mar descendió más de 100 m, como lo confirman los paleocauces wurmienses subyacentes en la Bahía de Palma, testigo insular de la gran cuenca hidrográfica occidental de los tiempos glaciares (Mateu *et al.* 1985) y respuesta local de aquel extraordinario almacenamiento de 70 a 80 millones de Km³ de hielo sobre América del Norte y Europa septentrional, frente a los 30 millones actuales (Lorius & Duplessy 1977). Eventos paleoclimáticos con respuesta glaciológica y epicontinental la una y glacioeustática y en mar más o menos interno la otra, pero ambas efecto de la concatenación causal que relaciona la atmósfera con la geosfera y la hidrósfera en la lectura biológica del clima.

Foraminíferos y paleoclimatología

El catastrofismo no es buen consejero y los paradigmas de una naturaleza cíclica y variante nos inducen a pensar que toda previsión climática también pasa por la paleoclimatología, con el análisis isotópico de hielos polares y de microorganismos marinos. El oxígeno es una mezcla de tres isótopos estables, de masas 16, 17 y 18 y cuya abundancia relativa en la mezcla es de 99'76%, 0'04% y 0'2%. El escaso valor del ¹⁷O, que es 0'04%, permite prescindir de él por la gran dificultad de medición y la escasa incidencia en la razón ¹⁸O/¹⁶O que en el ciclo natural de carbonatos relaciona la formación

de caparazones, exoesqueletos, conchas y demás estructuras biomineralizadas, marinas y lacustres, con la temperatura medioambiental, tanto actual como del pasado, gracias sobre todo al estudio de las biofacies de los fondos oceánicos y de los ciclotemas de los sondeos de la corteza terrestre.

No es que la lectura isotópica de tales organismos nos de directamente la temperatura de las aguas en que precipitaron sus carbonatos, sino que hay un método preconizado por Urey (1947) cuya fórmula de paleotemperaturas: $[T = 16.9 - 4.2(dc-dw)]$ se basa en la proporcionalidad constante entre su oxígeno isotópico ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) y la temperatura del agua en que viven. Valor que es función lineal y cuyo gradiente depende del oxígeno de caparazones (dc) al considerar el del agua del mar (dw) constante a través de la historia de los océanos. Así en la fórmula de paleotemperaturas los incrementos de dc implican descensos de temperaturas y nos dan tiempos glaciares dominados por microfauna fría y al revés si sus valores son negativos.

Precisamente las moléculas de agua H_2^{16}O y H_2^{18}O son químicamente semejante pero físicamente algo diferentes ya que su fraccionamiento isotópico en su paso por la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera bajo las respectivas formas de agua, vapor y hielo, hacen que el $d=0$ del agua de mar pase a $d=-10$ en la atmósfera y este vapor de agua al precipitar en forma de lluvia se enriquece de ^{18}O , gracias al C^{18}O_2 atmosférico que mantiene, según Huckel (1953) aquel equilibrio de $2\text{H}_2^{18}\text{O}(\text{liq.}) + \text{C}^{16}\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2^{16}\text{O}(\text{liq.}) + \text{C}^{18}\text{O}_2$ propio de los océanos.

Aquí viven los foraminíferos, termómetros isotópicos, muy utilizados, sobre todo, en los tiempos pleisto-holocénicos en los estudios oceanográficos de climatología y productividad.

Así la especie epipelágica *Globierinoides ruber* nos va dando una concatenación de valores isotópicos que si son positivos indican que la temperatura baja y el clima se deteriora y si son negativos, el ambiente se torna cálido y el clima va tomando características interglaciares que conllevan ascenso de niveles de línea de costa con recuperación posglaciar y bionómica de las zonas infra y circalitorales, gracias a la eurialinidad y politopía de ciertas especies y a su tasa de recuperación genética y biotópica y de tantos otros eventos coetáneos de una fluctuación latitudinal y altitudinal de los hielos, con la alteración de los frentes polares y de los focos de presión atmosférica sobre un Mediterráneo, a veces estagnado y sapropélico y siempre termostato atlántico y caja de resonancia de la historia climatológica, archivada en los sedimentos litorales y profundos.

A partir de la Última Gran Glaciación (18.000 a B.P.) una evolución climática pluridireccional (Caralp 1988) postula un clima muy frío con un glacioeustatismo negativo máximo, detectado en el abanico de paleocauces del litoral balear (Mateu 1985) y en el débil intercambio mediterráneo-atlántico a través de Gibraltar. Con un cierto acantonamiento de las aguas mediterráneas y la respuesta en los Golfos de León y de Liguria del frente polar ártico desplazado hacia las Azores y alcanzando los 40°N en la Última Gran Glaciación finiwurmense, de hace unos 18.000 años, mientras ahora alcanza los 70°N , entre el Labrador e Islandia (Thiede 1978 y Pujol 1980). Entonces el gradiente térmico entre aguas superficiales y profundas desaparecía con la eliminación de la discontinuidad termoclínica y el aumento del gradiente isotópico hasta alcanzar en la *Globigerina bulloides* mesoatlántica máximos valores de $d^{18}\text{O}$, con temperaturas de 4°C invernales en el área de las Azores mientras en el Mediterráneo noroccidental las aguas epipelágicas finiwurmenses oscilaban alrededor de los 7°C en invierno y 13°C en verano. Valores casi la mitad de los actuales (Thiede 1980 y Thunell 1978).

Evento climático	Tiempo	^{18}O	T °C
U.G.G. (frío)	18.000 a B.P.	+ 2.50	4° C
TI _A (cálido)	14.000 a B.P.	+ 1.00	9° C
Jounger Dryas (frío)	12.600 a B.P.	+ 2.50	4° C
TI _B (cálido)	8.000 a B.P.	- 1.00	17° C
Flandriense	5-6.000 a B.P.	- 0.50	15° C
↓	3.500 a B.P.	0.00	12° C

El presente cuadro de eventos climáticos con datos tomados de Barnheim *et al.* (1995), Pujol (1980), Molfino (1994) y Thiede (1978), nos permite situar algunos eventos paleoclimáticos y micropaleontológicos del sondeo K14, entre Baleares y el margen continental catalán (Mateu, 1993). Aquí los foraminíferos epipelágicos *Globigerinoides ruber* y *Globigerina quinqueloba* son reducidos a su mínima presencia, con un 5% los primeros y un 10% los segundos, desplazados por especies mesoepipelágicas adaptadas a la desaparición de la discontinuidad termoclínica. Ahora juegan un gran papel *Neoglobobadrina pachyderma*, con un 80% de formas levóginas y la *Globigerina bulloides*; ambas formas frías y polares, con homogeneización vertical de nutrientes (Pujol & Vergnaud-Grazzini 1989), mientras las formas dextróginas son más propias de aguas extrapolares y templado-frías (Mateu 1981 y 1992).

La presencia de *Globigerinoides ruber* en el Mediterráneo cuaternario ha permitido el seguimiento de su evolución isotópica, con eclosiones poblacionales interglaciares y sus reducciones glaciares. Esta especie ofrece valores isotópicos mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico (Vergnaud-Grazzini *et al.* 1986) y su d^{18}O va creciendo de W. a E., siendo 0.8‰ en Gibraltar, 1.25 a 1.60 ‰ en el Mediterráneo occidental y 1.70 a 2.10 ‰ en la cubeta oriental. Incremento que sufre notables depleciones durante los tiempos interglaciares cuando la gran dilución de aguas superficiales marinas por aportes del deshielo alpino y las crecidas del Nilo por precipitaciones monzónicas africanas causan estagnación, sin mezcla vertical y oxigenación de aguas profundas, con formación de niveles sapropélicos y petroleogénicos, precedidos y seguidos de ciclotemas con microfauna planctónica y bentónica, características, epipelágica y supratermoclinica la una y oligoespecífica y casi teratológica la bentónica (Vismara 1984).

Todo esto dentro de las respuestas mediterráneas a los desplazamientos latitudinales y a largo plazo de los frentes polares y focos de altas presiones atlánticas y noreuropeas (Jacques & Treguer 1986), relacionados con la mayor amplitud de cambios del d^{18}O de la microfauna planctónica mediterránea, que la del océano abierto. Como puede observarse comparando las temperaturas intramediterráneas con las atlánticas de igual latitud, desde la Última Glaciación (Thiede 1978) y que convierten al «Mare Nostrum» en permanente termostato del Atlántico (Margalef 1974).

Las mediciones isotópicas de sondeos realizados en el Mar Jónico (Stanley 1978) acusan desde 126.000 a B.P. a 8.000 a B.P., por lo menos, 5 niveles sapropélicos importantes, siendo el último (S₁) coetáneo del máximo transgresivo flandriense, de hace cerca de 7.000 años cuando se restablecieron las «modernas» poblaciones infralitorales y circalitorales sobre substrato que fue subaéreo durante la Última Gran Glaciación (18.000 a B.P.) o Wurm 4. De entonces para acá al menos cuatro eventos paleoclimáticos, dos cálidos y dos fríos, se han sucedido en el Hemisferio Norte (conforme tabla anterior).

Entre los eventos fríos y de máximos isotópicos hay las «Terminations» de Broecker y Van Donk (1970) que son transiciones geológicas del máximo enfriamiento al

máximo calentamiento global, datadas a nivel de los 14.800 a B.P. para la 1ª pulsación TI_A y de los 8.500 a B.P. para la 2ª pulsación TI_B que es prácticamente coincidente con el inicio de la transgresión flandriense. Tales pulsaciones cálidas, a nivel de los 11.000 a B.P. quedan separadas por el agudo episodio frío del Younger Dryas, detectado sobre todo en niveles turbosos y polínicos septentrionales (Chaline 1982), posterior al TI_A que marca el final de la U.G.G. (14.000 a B.P.) y anterior al TI_B que indica el inicio del presente postglaciar holoceno (Blanc *et al.* 1972, West 1979, Sarnthein *et al.* 1995, etc.).

Tales eventos climáticos y sinantropológicos son los que más inciden en la historia ambiental «reciente» que es posible reconstruir también mediante foraminíferos planctónicos, con especies frías glaciares y cálidas interglaciares y formas lobuladas y espinosas y supratermoclínicas y otras lisas, tendentes al aquillamiento morfológico e infratermooclínico. Con registro isotópico termográfico de sus caparazones calcícticos y su oligoespecificidad en momentos estagnantes y sapropélicos. Tantas otras características ecológicas de unos protozoos marinos que permiten la lectura biológica de los cambios climáticos, con la respuesta hidrodinámica de un Mediterráneo que en el área balear ofrece una «moderna» población integrada por *Globorotalia inflata* levógira (62.5%) y *Globigerinoides ruber* (15.62). Especies dominantes acompañadas de *G. bulloides* (3.2%) y *Globigerinoides trilobus* (5.5%) junto con otras 10 especies (13.80%) menos importantes. Esta biocenosis nos recuerda aquella población post- TI_A (10.000 a B.P.) caracterizada por *G. inflata* y *G. ruber* (Pujol & Vergnaud-Grazzini 1989) que suponen un mejoramiento climático con temperaturas mesoepipelágicas de 17°C, frente a los 7°C de la «Última Gran Glaciación». Entonces especies como *Neogloboquadrina pachyderma* forma levógira y *Globigerina quinqueloba* dominaban el medio mesoepipelágico de Alborán (González Donoso *et al.* 1991) y del Golfo de León (Mateu 1993), indicando la alta presencia de aguas polares en el Mediterráneo occidental. La posterior sustitución de *Nq. pachyderma* por *G. inflata*, primero en Alborán (7.000 a B.P.) y después en el mar provenzal-catalano-balear (10.000 a B.P.) son eventos diacrónicos de un mar semicerrado y posglaciar, evaporítico y no estuarino, controlado por los umbrales de Gibraltar y de Sicilia, dotados sobre todo este último de un cierto geotectonismo activo (Gennesseaux & Stanley 1983, Sanz *et al.* 1983).

Recuperación bentónica posglaciar

La lectura biológica del clima no sólo se realiza a nivel planctónico e isotópico. También las poblaciones bentónicas y de carácter euritérmico y politópico tienen su información climática y glacioeustática teniendo en cuenta sus características ecológicas y las visicitudes hidrodinámico-sedimentarias que regulan su acumulo «post mortem» y su posterior diagenesis y fosilización. Teniendo en cuenta que los modelos currentológicos y los de deriva litoral pueden interpretarse a la luz de las áreas de producción y de las zonas de acumulación microfaunística ya que las diversas masas de agua que confluyen en un punto tienen sus especies características (Mateu 1981) y los ecosistemas alguícolas, sánmicos y posidoniales son productores de unas biofacies y bioacumulaciones dispersas por plataforma y talud y con especies muy alejadas de su lugar de origen (Davaud & Septfontaine 1995, Mateu & Gazá 1986).

Según Blanc-Vernet *et al.* (1984) hay un grupo de especies bentónicas (*Paromalina coronata*, *Karreriella bradyi*, *K. norvangliae*, *Pyrgo comata*, *Cibicides kullenbergi* y *C. wuellerstorfi*), que emigraron hacia el Atlántico ya que no pudieron aguantar el

recalentamiento mediterráneo poswurmiano y cierta estabilidad térmica de los 12,50°C del medio mesobatipelágico e infratermooclínico del Mediterráneo. Tampoco en la recuperación posglaciar de los ecosistemas infra y circalitorales del Mar Balear (Mateu *et al.* 1986) se puede contar con ellas. Tanto en la Bahía de Palma sujeta a la transgresión flandriense sobre la red de paleocauces de la Última Gran Glaciación, como en el Canal de Menorca (figs. 1 y 3) restableciendo los ecosistemas del brazo de mar escindiendo la «Gran Balear» wurmiano (Mateu 1985).

Hay la adaptación supralitoral de la microfauna de ecosistemas parálidos (albuferas, marismas, marjales, lagunas, etc.) en la evolución transgresivo-regresiva de la línea de costa que también es una respuesta climática fácil de detectar en el grado de calcificación, tamaño, sentido de enrollamiento de Foraminíferos y otros aspectos ecofenotípicos hoy aplicados en trabajos oceanográficos y ecológicos. Estudios recientes en el litoral peninsular (Fumanal *et al.* 1993, Vinyals *et al.* 1989, Mateu 1996) e insular (Acosta *et al.* 1986, Mateu *et al.* 1993) nos permiten relacionar los cambios ambientales con la evolución de las facies mixtas o parálidas (*Rotaliidae*) y los ecosistemas epífitos y sánmicos (*Miliolidae*) más ricos en el litoral mallorquín que sus correspondientes grupos epifoliales (*Cibicididae*, *Planorbulinidae* y *Discorbidae*) que son más abundantes en el opuesto litoral de Menorca (fig. 3), formando ecosistemas fóticos y someros, poswurmianos y relativamente «modernos» ya que entre sus biocenosis no encontramos ciertas especies wurmianas, arriba citadas, que no pudieron soportar la evolución climática del Mediterráneo sobre todo desde el TI_B , que coincide con la última fase de deglaciación. Con clima cálido y húmedo y frecuentes lluvias africanas y orientales que mantenían permanente la termoclina, evitando así las mezclas verticales de aguas y las corrientes de convección y favoreciendo los niveles sapropélicos (Caralp 1988).

Clima, umbrales, corrientes y bahías

Las temperaturas invernales de las aguas superficiales durante la U.G.G (18.000 a B.P.) oscilaban, en el Mediterráneo, entre los 7°C del Golfo de León y los 19°C de la Cubeta oriental levantina, mientras que las veraniegas de los 13°C noroccidentales alcanzaban los 25°C en el extremo oriental (Thiede 1978). Actualmente y en invierno el mar provenzal-catalano-balear llega a los 13°C cuando la zona oriental alcanza los 18°C, mientras que en verano oscilan alrededor de los 22°C en el W Mediterráneo y los 26°C en el medio epipelágico levantino (Thunell 1978). O sea que en la U.G.G. las temperaturas mínimas superficiales fueron reducidas casi a la mitad de las actuales, pero siempre conservando aquellas diferencias de temperatura entre el Atlántico y el Mediterráneo a favor de este último, tanto en los tiempos glaciares como interglaciares. De ahí que la evolución pleisto-holocénica de los umbrales de Gibraltar y de Sicilia (Hernández-Molina *et al.* 1994, Genesseeux & Stanley 1983) condiciona el modelo hidrodinámico de intercambio de aguas atlanto-mediterráneas (Caralp 1988, Minas *et al.* 1984, etc.) y su discutida alternancia estuarina y evaporítica, teniendo en cuenta la sustitución de biocenosis frías y cálidas en los sondeos del Mar de Alborán (González-Donoso *et al.* 1991) y del Golfo de León (Mateu 1993), pero sin olvidar la solidez de motivos de Caralp (1988) al aceptar la persistencia, por lo menos desde la U.G.G., del modelo hidrodinámico de Gibraltar. Con su intercambio de aguas profundas entre el Atlántico y el Mediterráneo, conservando las mismas direcciones y fluctuando la intensidad de caudales. Esto explicaría la presencia de ostrácodos sicrosféricos en Alborán, pero no la sustitución posglaciar de

foraminíferos planctónicos. Problemas de adaptación biológica a los cambios climáticos en un mar cuya hidrodinámica de aguas intermedias (fig. 2) tiene su réplica, a escala reducida, en la Bahía de Palma (fig. 4) donde la tendencia levógira del «Iberian Gyre» de Vergnaud-Grazzini *et al.* (1988) queda reproducida en el desplazamiento levógiro de la microfauna sedimentaria de foraminíferos bentónicos y planctónicos, cuyos acumulos «post mortem», nos dieron, en base a unos 250.000 individuos (Mateu 1989 y 1995), un modelo hidrodinámico para la Bahía (fig. 4), corroborado después por aquel «3-D numerical model» de corrientes de la costa sur de Mallorca (Werner *et al.* 1993).

La deriva litoral de las aguas de la Bahía de Palma y su fisiografía y bionomía (Díaz del Río *et al.* 1993) juegan un gran papel en la recuperación posglaciar y holocénica de sus ecosistemas litorales e infralitorales, sobre todo de los medios algales y posidonícolas que son áreas de producción de foraminíferos epífitos (*Miliolidae*, *Cibicididae*, *Discorbidae*, etc.) y sánmico-terrágenos (*Globatellidae*, *Textulariidae*, *Elphidiidae*, etc.), cuya dispersión tafocenótica queda regulada por la fisiografía de paleocauces, beach-rock, terrazas submarinas, praderas vegetales, tipo y granulometría de arenas, dinámica gravitacional de sedimentos, etc., etc., todo dentro de una constatada mayor diversidad específica y acúmulo de formas bentónicas y planctónicas en la mitad occidental (T_2 , T_6 y ST_{10}) y una permanente presencia de forma cálidas (*Soritidae*) en el SE de la misma (S_{14}) en consonancia con aquella climatología arrecifal y miocénica de los acantilados que los cobijan (fig. 4).

Las conocidas deducciones isotópicas de playas y eolianitas regresivas del Pleistoceno superior de Mallorca (Butzer 1985) van ampliándose para los tiempos holocenos con otros datos de investigadores que trabajan en Baleares en base a dataciones por C^{14} de moluscos y foraminíferos.

Ojala tales estudios, afinando cronologías y eventos estratigráficos y climáticos, con la alternancia de máximos y mínimos isotópicos (Sarnthein *et al.* 1995) y la visión interdisciplinar del tema (Frakes 1979, Zubakov *et al.* 1990), nos ayuden en la lectura biológica del clima mediante análisis cualitativo y cuantitativo de las biocenosis y de sus correspondientes biofacies en sedimentos y rocas orgánicas.

El cambio brusco entre el clima glacial e interglacial es objeto de programas de investigación internacional, como ha demostrado la reciente convención habida en Mallorca sobre paleoceanografía y cambios climáticos organizada y dirigida por los Profesores Grimalt y Duplessy y en la que han participado unas 15 Universidades y Centros de Investigación europeos con 41 comunicaciones firmadas por 74 investigadores. Dataciones de sondeos glaciares, mediciones del CO_2 y partículas del hielo. Isótopos y su registro glacial y oceánico. Derivados lipídicos, fosfatos, biomarcadores, foraminíferos planctónicos y dinoquistes. Los estadios isotópicos y los cambios climáticos sobre todo desde la Última Gran Glaciación con su incidencia en la circulación oceánica. Estos y otros muchos son aspectos destacados por esta labor puntera donde la micropaleontología con sus especies indicadoras también sirve de termómetro ambiental y de abecedario biológico para la lectura climática del Planeta.

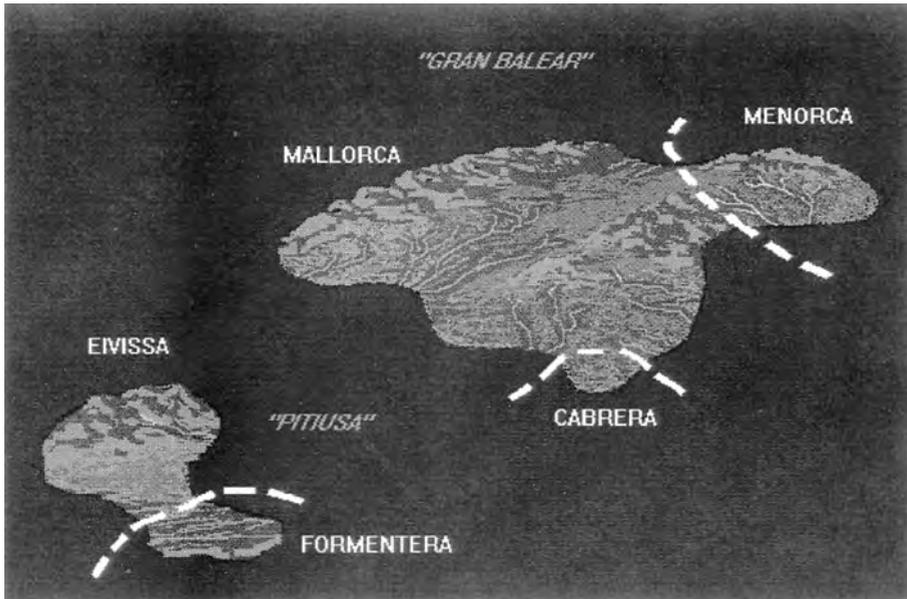
Referencias

- Blanc F., Blanc-Vernet L. et Le Campion J. 1972. «Application paléoécologique de la méthode d'analyse factorielle en composants principaux: Interpretation des microfaunes de Foraminifères planctoniques quaternaires en Méditerranée». *Tethys*, 4(3): 761-778.
- Blanc-Vernet L., Sgarrella F. et Acquaviva M. 1984. «Événements climatiques, hidrologie et Foraminifères en Méditerranée au Quaternaire récent». *Bull. Soc. Geol. France*, 26(6): 1235-1243.
- Broecker W. S. and Van Donk J. 1970. «Insolation changes ice volumes, and O¹⁸ record in deep sea cores». *Reviews of Geoph. and Space Physics*. Richmond, 8 (1): 169-198.
- Butzer K. W. 1985. «La estratigrafía del nivel marino en mallorca en una perspectiva mundial». In: *Pleistoceno y Geomorfología Litoral*, pp. 17-33.
- Caralp M. H. 1988. «Late Glacial to Recent Deep-Sea Benthic-Foraminifera from the Northeastern Atlantic (Cadiz Gulf) and Western Mediterranean (Alboran Sea): Paleooceanographic Results». *Mar. Micropal.*, 13: 265-289.
- Davaud E. and Septfontaine M. 1995. «Post-mortem onshore transportation of epiphytic Foraminifera: Recent exemple from the Tunisian coast line». *Journal of Sedimentary Research*, 165(1): 136-142.
- Díaz del Río V., Somoza L., Goy J. L., Zazo C., Rey, J., Hernández-Molina J. y Mateu G. 1993. *Mapa fisiográfico de la Bahía de Palma*. Publ. esp. I.E.O, nº 16, 39 figs. + Mapa.
- Frakes L. A. 1979. *Climates Throughout Geologic Time*. Elsevier. Amsterdam. 309 pp.
- Fumanal M. P., Mateu G., Rey J., Somoza L. y Viñals M. J. 1993. «Las unidades morfosedimentarias cuaternarias del litoral del Cap de la Nau (Valencia-Alicante) y su correlación con la plataforma continental». *Estudios sobre Cuaternario* 1993: 53-64.
- Genesseeux M. G. and Stanley D. J. 1983. «Neogene to Recent displacement amb contact of Sardinian and Tunisian margins. Central Mediterranean». *Smith Contrib. Mar. Sc.*, 23: 1-20.
- González-Donoso J. M., González Padilla I. M. y Palmquist P. 1991. «Contribución al conocimiento de la paleoceanografía del Mar de Alborán (Mediterráneo Occidental) mediante el estudio de los foraminíferos planctónicos de un testigo de sondeo». *Rev. Esp. Paleont.*, 6(2): 191-205.
- Hernández-Molina F. J., Somoza L., Rey J. y Pomar L. 1994. «Late Pleistocene-Holocene sediments on the Spanish continental shelves: Model for very high resolution sequence stratigraphy». *Mar. Geology*, 120: 129-174.
- Hillare-Marcel Cl., Garipey C., Ghaleb R., Gou J. L., Zazo C. and Cuerda Barceló J. 1996. «U-series measurement in Tyrrhenian deposits from Mallorca - Further evidence for two Last-Interglacial high levels in the Balearic Islands». *Quaternary Sci. Rev.*, 15: 53-62.
- Huckel W. 1953. *Química Estructural Inorgánica*. Ed. Reverte 2 T. p. 971.
- Jacques G. et Treguer P. 1986. *Ecosistèmes Pelagiques Marines*. Masson. Paris.
- Lorius C. et Duplessy J. C. 1977. «Les grands changements climatiques». *La Recherche*, 83(8): 947-955.
- Margalef R. 1974. *Ecología*. Homega. Barcelona.
- Mateu G. 1981. «Foraminíferos planctónicos del área de afloramiento del Atlántico del NW de Africa: Estructura, origen y evolución de sus comunidades». *Rev. Esp. Micropal.*, 11(1): 135-157.
- Mateu G. 1985. «Nuevos datos micropaleontológicos para interpretar el glacioteconoeustatismo del Pliopleistoceno de Baleares (Mediterráneo Occidental)». In: *Geomorfología litoral y Cuaternario* (Homenaje a J. Cuerda). Univ. Valencia, Zurich, Palma de Mallorca, pp. 61 a 76, 4 figs. + 2 Lám.
- Mateu G. 1989. «La Bahía de Palma de Mallorca (Baleares-España) y los recientes estudios geosísmicos, bionómico-sedimentarios y micropaleontológicos en un litoral de difícil regeneración antrópica». *Rev. Cien. (I.E.B.)*, 4: 65-81.
- Mateu, G. 1992. Foraminifera of the Alboran Sea: Biology and Taphonomy after the Last Glatiation (18.000-15.000 a B.P.). Cartografía por I.E.O.

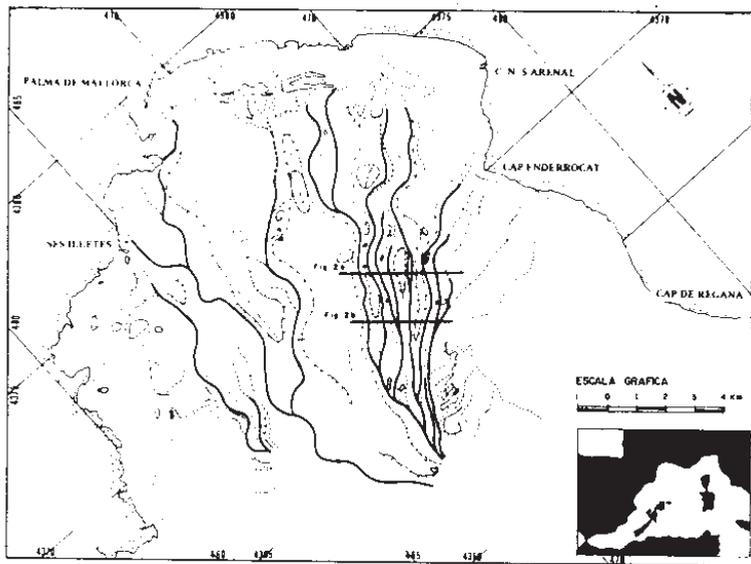
- Mateu G. 1993a. «Análisis micropaleontológico del sondeo K-14 en el margen continental de Menorca y la paleoceanografía tardo-cuaternaria del mar catalano-balear». *Actas 3ª Reunión del Cuaternario Ibérico*. Coimbra. pp. 275 a 277.
- Mateu G. 1993b. «Micropaleontología sedimentaria del Mar de Weddell». In: López-Martínez G. edit. *Geología de la Antártida Occidental*. Simposios T. 3, pp. 213-227 (III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca 1992).
- Mateu G. 1995. «Bahía de Palma de Mallorca (Balearic Islands) Neogen-Quaternary hydrodynamics and Micropaleontology». *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34, 111.
- Mateu G. 1996. «Los Foraminíferos planctónicos de las formaciones cuaternarias del litoral de Valencia-Alicante y sus ambientes deposicionales». *Mem. Reial Acad. Cienc. i Arts Barcelona*. (3ª época N° 993), Vol. LV, n° 7. pp. 319-346.
- Mateu G. y Gazá M. 1986. «Micropaleontología circalitoral y coralígena. Foraminíferos y cocolitofóridos asociados a *Corallium rubrum* I: Sistemática, ecología y evolución paleoceanográfica». *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3(4): 13-53.
- Mateu G., Rey J. y Díaz del Río. 1985. «Les paleolits de la Baie de Palma de Majorque: Interpretation sismique et datation biochronologique». *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29, 2: 39-45+2 pl.+2 figs.
- Mateu G., Fornós J. y Moreiro M. 1993a. Biosedimentology of the Balearic shelf and its micropaleontologic and paleoenvironmental interpretation. Cartografía edit. por I.E.O.
- Mateu G. y Vinyals M. J. 1993b. Geomorphological and paleocological evolution of the southern coast of the Valencia Gulf. Cartografía edit. por I.E.O.
- Minas M. J., Corte B. et Minas M. 1984. «Oceanographie du detroit de Gibraltar et des parages annexes». *Le courrier de CNRS*, 57: 10-17.
- Molfino B. 1994. «Paleoecology of marine systems». In: Giller P. S., Hildrew A. G. & Raffaelli D. G. edit. 1994. *Aquatic Ecology*. Blackwell Scientific Publication. Pp. 649.
- Pujol C. 1980. «Les Foraminifères planctoniques de l'Atlantique Nord au Quaternaire. Ecologie - Stratigraphie - Environment». *Mem. Inst. Geol. Bass. Aquit.*, 10: 1-254. (Univ. de Bordeaux).
- Pujol C. and Vergnaud-Grazzini C. 1989. «Palaeoceanography of the Late Deglaciation in the Alborán Sea (Western Mediterranean). Stable Isotopes and Planktonic Foraminiferal Records». *Mar. Micropal.*, 15: 153-179.
- Sanz J. L., Acosta J., Herranz P., Palomo C. y San Gil C. 1983. «Síntesis de las características geológicas y geofísicas de la parte occidental del Estrecho de Gibraltar». *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.*, 43: 115-131.
- Sarnthein M., Jansen E., Weinelt M., Arnold M., Duplessy J. C., Erlenkenser H., Flatoy A., Johannessen G., Johannessen T., Jung S., Koc N., Sabeyrie L., Maslin M., Pflannmann U. and Schula H. 1995. «Variations in Atlantic surface ocean paleoceanography, 50°-80°N: A time-slice record of the last 30.000 years». *Paleoceanography*, 10(6): 1063-1094.
- Stanley D. J. 1978. «Ionian Sea sapropel distribution and Late Quaternary palaeoceanography in the eastern Mediterranean». *Nature*, 274: 149-151.
- Thiede J. 1978. «The Glacial Mediterranean and Bay of Biscay». In: *Evolution of planetary atmospheres and climatology of the earth*. Centre Nat. Etud. Spat. Toulouse, pp. 121-132.
- Thiede J. 1980. «The Late Quaternary Marine Paleoenvironment between Europe and Africa». In: Van Zinderen & Coetzee edits. *Palaeoecology of Africa and the surrounding Islands*, Vol. 12, pp. 213-225. Rotterdam.
- Thunell R. C. 1978. «Distribution of recent planktonic Foraminifera in surface sediments of the Mediterranean Sea». *mar. Micropal.*, 3: 147-173.
- Urey H. C. 1947. «The thermodynamic properties of isotope substances». *Journ. Chem. Soc.* Londres. p. 562-581.
- Vergnaud-Grazzini C., Devaux M. and Zanidi G. 1986. «Stable isotope "anomalies" in Mediterranean Pleistocene records». *Mar. Micropal.*, 10: 35-69.
- Vergnaud-Grazzini C., Borsetti A. M., Cati F., Colantoni P., D'Onofrio S., Saliège J. F., Sarotri R. and Tampieri P. 1988. «Palaeoceanographic record of the last Deglaciation in the Strait of Sicily». *Mar. Micropal.*, 13: 1-21.

- Viñals M. J., Mateu G., Fumanal M. P., Usera J. y Favero V. 1989. «Aportación al conocimiento de las facies lagunares y litorales de la marjal de Oliva-Pego (Valencia)». *Cuaternario y Geomorfología*, 2(1-2): 93-104.
- Vismara A. 1984. «Holocene stagnation event in the Eastern Mediterranean. Evidence from deep-sea benthic Foraminifera in the Calabrian and Western Mediterranean ridges». *Benthos 83 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera* (Pau 1983): 585-599, 4 figs., 3 tab., 2 pl. Pan and Bordeaux.
- Werner F. E., Viúdez A. and Tintoré J. 1993. «An exploratory numerical study of the current off the southern coast of Mallorca including the Cabrera Island complex». *Journ. Mar. Systems*, 4: 45-66.
- West R. G. 1979. *Pleistocene Geology and Biology*. Lodgman edit., London. 440 pp.
- Zubakov V. A. & Borzenkova I. 1990. *Global Pleaoclimate of the Late Cenozoic*. Elsevier, 453 pp.

1a



1b



Red hidrográfic paelocuaternaria. Fisiografía del área de la bahía de Palma. (Se han trazado las situaciones de los perfiles sísmicos)
 Legenda: beach rocks; Afloramientos Cuaternarios; Boides de los cauces;
 Ejes de los cauces; Ejes de cauces secundarios; Ejes sinclinales;
 Límite de los afloramientos; Altos estructurales.
 (Tomado de G. MATEU, J. REY y V. DIAZ DEL RÍO, 1984)

Fig. 1a.- La «Gran Balear» y «Pitiusa» durante la «Última Gran Glaciación» (18.000-15.000 a B.P.). (Dibujo de J. Jansá, tomado de Mateu 1985).

Fig. 1b.- Red hidrográfic paelocuaternaria de la Bahía de Palma (Mateu, Rey & Díaz del Río 1984).

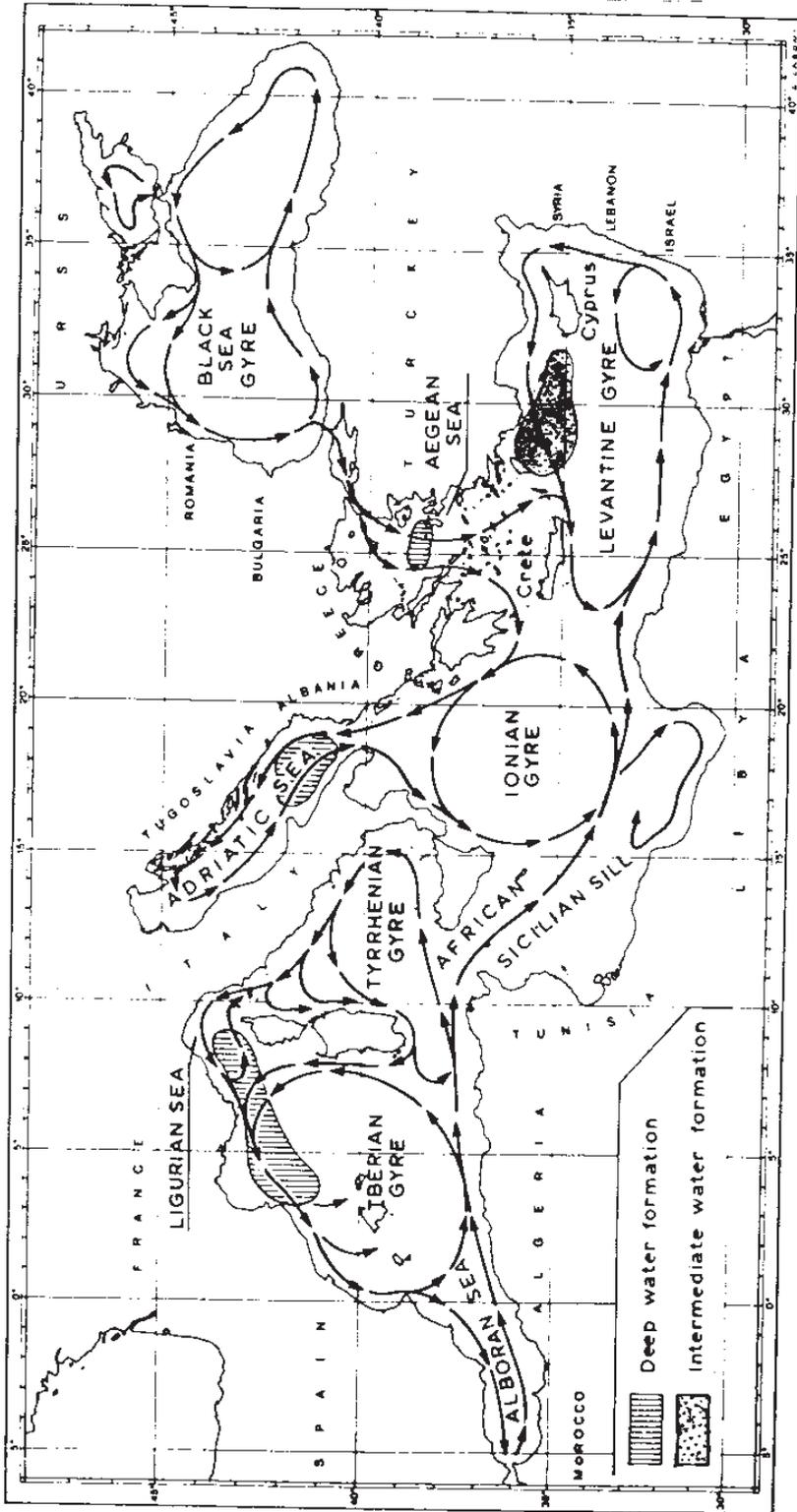


Fig. 2.- Circulación media y profunda del Mediterráneo. (Vergnaud-Grazzini *et al.* 1988).

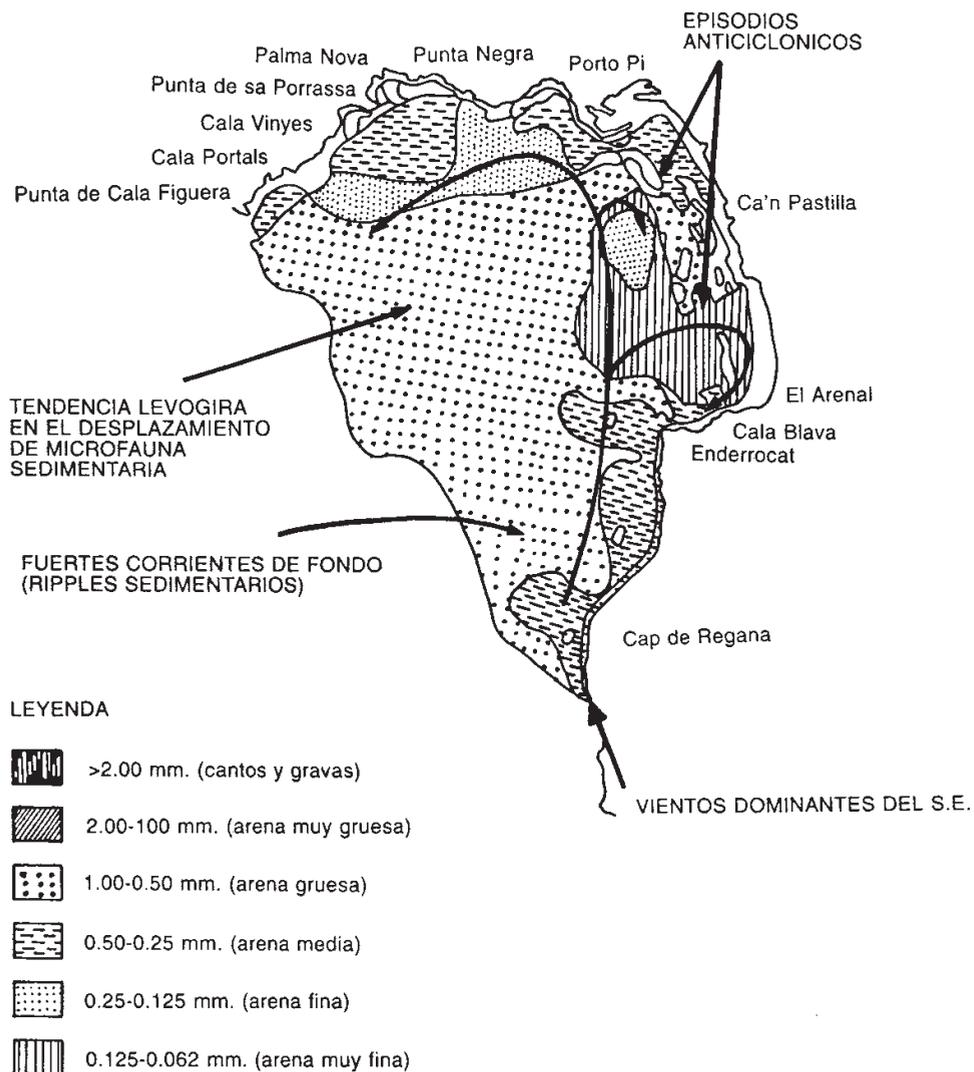


Fig. 4.- Modelo hidrodinámico, en base a 250.000 foraminíferos bentónicos y planctónicos, de la Bahía de Palma, teniendo en cuenta sedimentología, biocenosis y tafocenosis microfaunísticas. (Mateu & Gazá 1986; Mateu 1989 y 1995).

**Acerca del
«agujero» de
ozono en la
estratosfera
Antártica**

Manuel Puigcerver
Zanón
*Real Academia de
Ciencias y Artes de
Barcelona*

Territoris (1998), 1:
239-252

Acerca del «agujero» de ozono en la estratosfera Antártica

Manuel Puigcerver Zanón

Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona

Resumen

Se resumen brevemente los actuales conocimientos sobre el llamado «agujero» de ozono de la estratosfera antártica. Tras aludir a la peculiaridad de su descubrimiento, se exponen sus principales rasgos así como las especiales condiciones estratosféricas que determinan los mecanismos de su formación y destrucción, y se discute el riesgo de su extensión a otras latitudes.

Abstract

A review of current knowledge concerning the Antarctic «ozone hole» is briefly presented. After mentioning its serendipitous discovery, its main features as well as the peculiar stratospheric conditions responsible for its formation and destruction are briefly discussed as is the risk of its extension to other latitudes.

Recepción del manuscrito, diciembre de 1996

Introducción

El llamado «agujero» de ozono es uno de las más espectaculares e inesperados recordatorios de la precariedad de nuestros conocimientos sobre la atmósfera. A comienzos del decenio de 1970 se había especulado (Crutzen, 1970; Johnston, 1971) sobre el riesgo de que los aviones supersónicos de transporte, que producen, como todo motor de reacción, grandes cantidades de óxidos de nitrógeno, pudiesen deteriorar la capa de ozono de la estratosfera (al primero le valió el premio Nobel de 1995). También preocupaban los halocarburos,¹ gases de amplio uso industrial por su inactividad química y su carácter incombustible y no explosivo ni tóxico: Molina y Rowland (1974) llamaron la atención sobre el riesgo de que los iones flúor y cloro de estos compuestos reaccionasen con el ozono y lo destruyeran; de paso, compartieron el Nobel con Crutzen.

Lo que no se le había ocurrido a nadie es que ello pudiera suceder en el lugar más remoto del mundo, donde no hay actividad industrial alguna y donde prácticamente no vive nadie (unas 4000 personas en verano y quizá menos de 1000 en invierno para 13,6

¹ Frecuentemente llamados, en mala traducción del inglés, *clorofluorocarbonos* o *clorofluorocar-bonados*.

millones de km²): la Antártida. En lo que sigue se trata de explicar la lógica de este sorprendente comportamiento.

La capa de ozono

El ozono estratosférico es de importancia primordial en el balance ecológico del planeta Tierra porque, merced a sus procesos de formación y destrucción, actúa como pantalla impidiendo la llegada de la radiación ultravioleta de corta longitud de onda, extremadamente destructora para los tejidos vivos. Se acostumbra a distinguir tres regiones en esta parte del espectro: la ultravioleta A (o UV-A) entre 320 y 380 nanómetros (nm, 10⁻⁹ metros o millonésimas de milímetro), que es la más próxima al visible; la UV-B, entre 280 y 320 nm y la UV-C, de longitud de onda inferior a 280 nm. De ellas, el ozono prácticamente no absorbe la UV-A, su formación y disociación absorben totalmente la UV-C, impidiéndole llegar a tierra; en cuanto a la absorción de UV-B, depende marcadamente de la concentración de O₃.

Ésta se puede medir desde tierra gracias al espectrofotómetro G.M.B. Dobson, ideado y construido hacia 1924 por este ilustre científico para su doctorado. Los equipos actuales, básicamente análogos pero aprovechando la electrónica y la miniaturización, permiten incluso hacer observaciones de noche con luz de luna (Dobson, 1957). Una complicada técnica operatoria y matemática, llamada efecto Umkehr (o de inversión) permite deducir no sólo la concentración total del ozono sino su distribución vertical. Ésta, además, se pudo obtener directamente desde el decenio de 1960 mediante *ozonosondas*, complemento del radiosonda dotado de un sensor de concentración de ozono y la correspondiente telemetría. A partir de 1964 con el programa *Nimbus*, se inició la medida de concentración del O₃ mediante satélites: el *Nimbus 4* llevaba un instrumento llamado BUV (de *Backscattered Ultra Violet*, o fotómetro de ultravioleta retrodifundido), que operó de 1970 a 1977, y hasta 1988 lo hizo el *Nimbus 7* portador del TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer* o espectrómetro de cartografiado del contenido total de ozono) y el SBUV (*Solar Backscattered Ultra-Violet*), versión mejorada del BUV. En la actualidad, en los satélites *NOAA-11* (hasta 1994) y *NOAA-9* está funcionando el SBUV/2, nuevo perfeccionamiento del SBUV, que permiten mantener una vigilancia continua.

En el decenio de 1940 ya existía una modesta red de espectrofotómetros Dobson en el hemisferio Norte y se tenía cierta idea de la climatología del ozono y sus variaciones con la latitud. En el Año Geofísico Internacional (AGI, junio 1957-diciembre 1958) se instalaron dos equipos Dobson en bases antárticas: Halley Bay (76°S, 27°W) y Argentine Islands (65°S, 64°W, actualmente Faraday, en la Península Antártica), ambas británicas; en 1961 se montó otro en la base norteamericana Amundsen-Scott (Polo Sur) y en 1967, otro en la base japonesa de Syowa (69°S, 40°W). Se comenzaba a conocer la climatología del ozono en la Antártida, es decir, se sabía cuál era el valor medio en cada estación del año, se sabía que la concentración bajaba en primavera y se recuperaba en verano, etc.

Una sorpresa

Los investigadores británicos habían observado que desde mediados del decenio de 1970, algo extraño le ocurría al ozono antártico: cada primavera se producía un descenso anómalo en su concentración (Fig. 1). Comprobado que no se trataba de errores personales

ni instrumentales, sólo quedaba aceptar la realidad de esta disminución del contenido de ozono: así lo comunicaron en un artículo ahora famoso (Farman, Gardiner y Shanklin, 1985) donde se proponía también una explicación en parte química y en parte dinámica. Chubachi (1984) había notado lo mismo en Syowa y había sido el primero en dar la voz de alarma, que pasó desapercibida.

El trabajo británico, además de sensación, produjo inquietud entre los científicos americanos a cargo de los TOMS y SBUV del *Nimbus-7*: ¿por qué el satélite no lo había detectado? Una búsqueda metódica de las posibles causas reveló la casi grotesca razón: el programa del ordenador que procesaba los datos en tierra tenía una condición imponiendo que si el contenido de ozono caía por debajo de un cierto umbral (establecido según la climatología entonces conocida del O₃), la observación debía rechazarse: un artificio análogo al usado en los termómetros clínicos, donde la escala comienza a los 35 °C. Comprobado que el umbral era demasiado alto, se corrigió el programa, se recuperaron los datos almacenados que no se habían usado, y no solamente apareció el empobrecimiento vernal de la estratosfera antártica en ozono —incorrectamente llamado *agujero de ozono*² sino se halló que abarcaba gran parte de la Antártida y no se trataba, por tanto, de un fenómeno local de Syowa o Halley Bay.

Las características del «agujero»

He aquí las que parecen bien establecidas:

1. La concentración de O₃ disminuye bastante bruscamente hacia la primavera austral y se va recuperando durante el verano (parte izquierda de la Fig. 2, Amundsen-Scott, Polo Sur).
2. Desde su descubrimiento, la profundidad y extensión del agujero ha ido aumentando, si bien con fluctuaciones; el retorno a los valores normales se retrasa más cada año, es decir, la duración del agujero va aumentando.
3. Los valores de otoño e invierno son normales. En ocasiones, la disminución vernal es espectacular: la columna total de O₃ puede reducirse en más del 50% y localmente la destrucción del ozono puede ser casi total (Hales, 1996; Fig. 3, curvas del 12 de octubre de 1993 y del 5 de octubre de 1995).
4. Sólo se observa en la baja estratosfera de la Antártida. La parte derecha de la Fig. 2, que corresponde a Resolute, Canadá, no muestra agujero pese a su latitud comparable a la de Halley Bay.
5. Se empezó a observar hacia 1968 (Figs. 1 y 2)
6. Suele haber una región rica en ozono en el segundo cuadrante.
7. La intensidad agujero varía de unos años a otros. El más profundo conocido se dio en 1993, seguido de los de 1985, 1987 y 1995. La profundidad del agujero parece estar relacionada con la actividad de las ondas planetarias en el vórtice polar, del que se trata después. Algunos autores han sugerido prematuramente una hipotética periodicidad bienal, en que las profundidades mayores del agujero corresponderían a los años impares.

² En realidad, se trata de un empobrecimiento de la estratosfera en ozono, pero la expresión *agujero de ozono* es tan gráfica que resulta ocioso pretender cambiarla. Técnicamente, la expresión se reserva en la actualidad para concentraciones inferiores a 220 unidades Dobson.

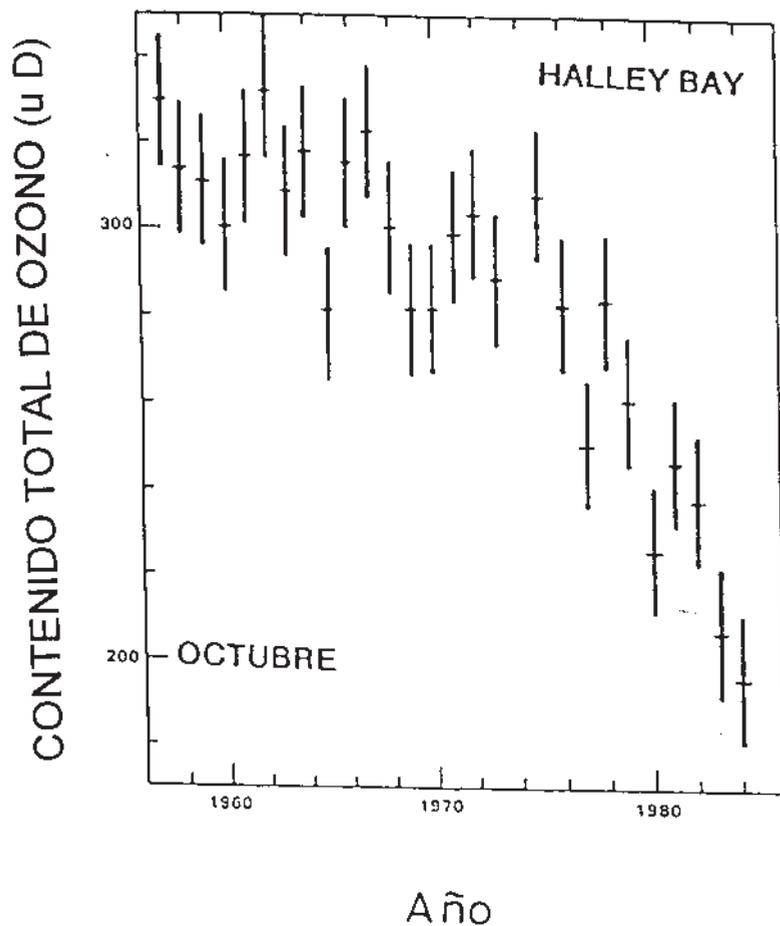


Figura 1. Curso del contenido total de ozono en la base antártica Halley Bay de 1967 a 1984. Se indica el valor medio y la desviación típica. La concentración de ozono se expresa en unidades Dobson (u D): Si todo el ozono de la atmósfera se llevase al nivel del mar en condiciones normales (1013,2 hPa de presión y 0 °C de temperatura) y se extendiese sobre un suelo llano, el espesor de esta «alfombra de O₃» sería de unos 3 mm. La unidad Dobson es un espesor de 0,01 mm en estas condiciones. Un contenido normal de O₃ sería, pues, de unas 300 uD. Obsérvese el decrecimiento del contenido de ozono desde finales del decenio de 1960. (Adaptada de Farman *et al.*, 1985).

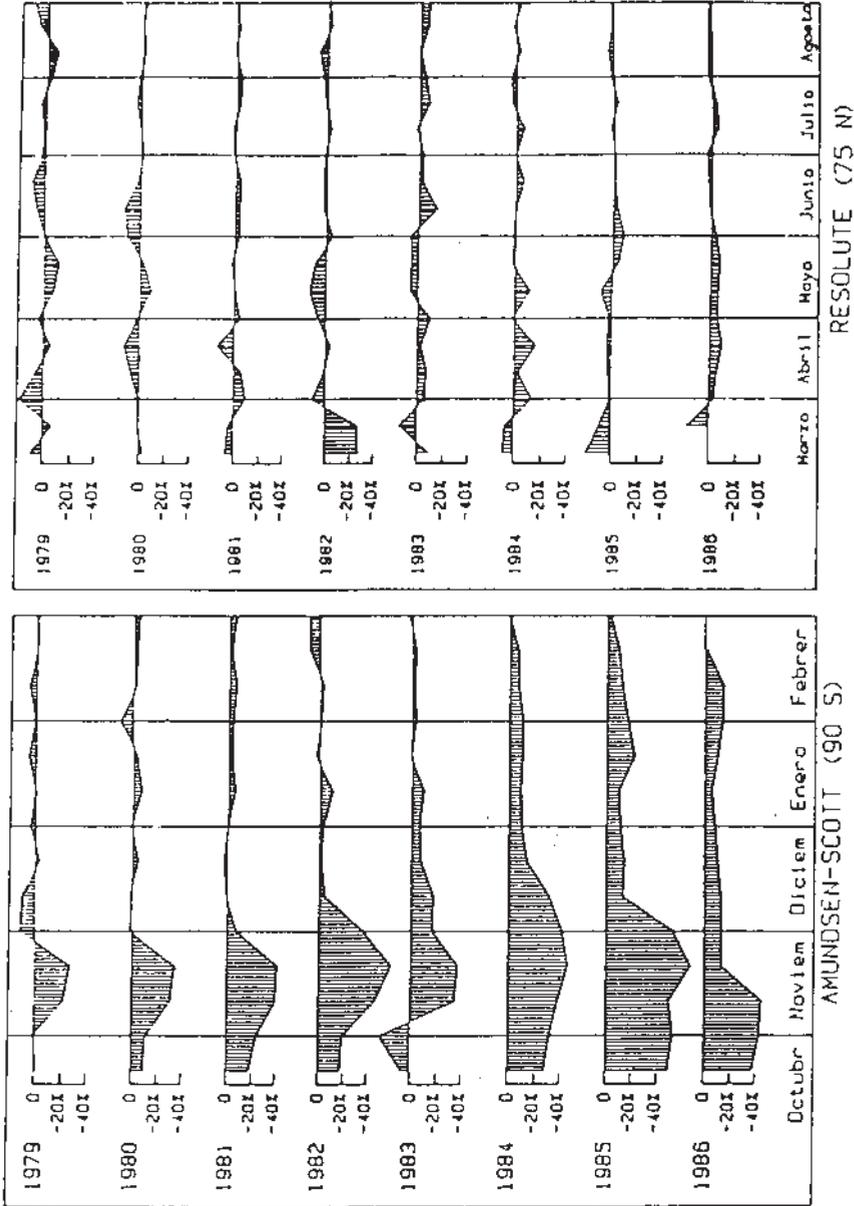


Figura 2. Evolución del contenido de ozono desde 1979 a 1986 sobre dos estaciones polares: Amundsen-Scott (Polo Sur) y Resolute (Canadá). En las gráficas se representan desviaciones en tanto por cien respecto al valor medio para la época del año considerada; en el caso antártico, el promedio se refiere a los años anteriores a la aparición del agujero. Obsérvese que éste no se aprecia en el hemisferio Norte. (Reproducida de Sainz de Aja, 1990).

Formación y destrucción del ozono: el «agujero»

Chapman (1930) había propuesto una teoría según la cual a cada nivel entre los 10 y los 40 km actuarían simultáneamente un mecanismo de formación y otro de destrucción del ozono hasta alcanzar un régimen estacionario, en el que producción y destrucción se compensarían. La producción se debería a absorción de radiación ultravioleta de longitud de onda $\lambda < 242$ nm, que rompe la molécula de oxígeno



y el átomo de oxígeno, en presencia de una molécula M que absorbe la energía liberada en la reacción, se combina con una molécula de oxígeno normal



La destrucción se produciría por descomposición (recuperación de la forma estable) o por fotodisociación (absorción de radiación, también ultravioleta, de longitud de onda $200 \text{ nm} < \lambda < 340 \text{ nm}$) según



Las reacciones de formación (1) y (2) predominarían en la parte baja de la capa de ozono y las de destrucción (3) y (4) lo harían en la parte alta, lo que justificaría la forma del perfil vertical de la concentración de ozono (Fig. 3, curva del 23 de agosto de 1993). El calentamiento producido por la absorción de radiación es responsable del aumento de temperatura en la estratosfera media y alta, en contraste con la cuasi-isotermia de la baja estratosfera.

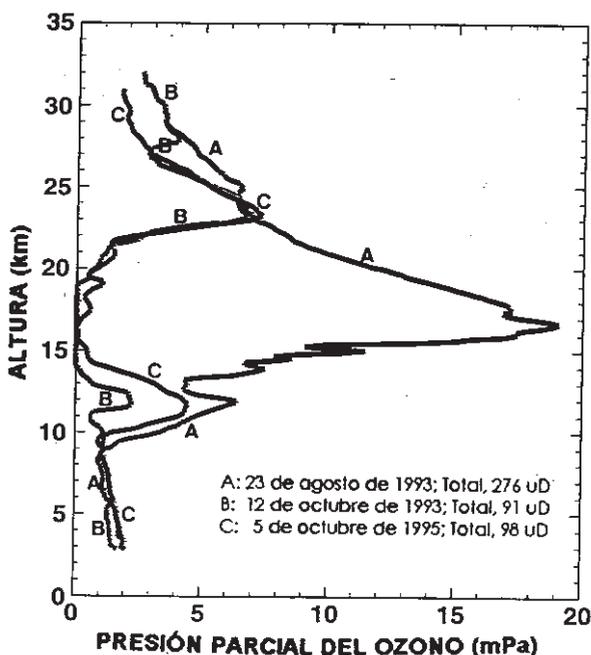


Figura 3. Perfiles verticales de la concentración de ozono tomados mediante ozonosonda en Amundsen-Scott. La curva A corresponde al 23 de agosto de 1993 y puede considerarse normal; la B es del 12 de octubre de 1993, en que el agujero alcanzó la máxima profundidad registrada hasta la fecha y la C es del 5 de octubre de 1995, que revela un agujero casi tan profundo como aquel.

(Adaptada de Halpert *et al.*, 1996).

Al mejorar el conocimiento de las constantes de las reacciones (3) y (4), se ha visto que éstas son insuficientes para explicar la destrucción del ozono: el ritmo de producción sería unas cuatro veces mayor que el de destrucción. El principal mecanismo de destrucción es en realidad una serie de ciclos catalíticos de la forma

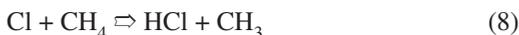


con el resultado neto



donde las especies químicas X son, por orden de importancia, los monóxidos de nitrógeno NO y de cloro ClO mientras que en la alta estratosfera y mesosfera el más importante es el radical hidroxilo OH. Estas reacciones, no obstante, sólo explican el proceso natural de formación y destrucción del ozono, pero no el «agujero» porque la concentración de oxígeno atómico O es tan baja que hace la reacción (6) insuficiente.

Diversas campañas de medidas llevadas a cabo en 1986 y 1987 en la Antártida y en 1989 y 1991-92 en el Ártico establecieron una relación entre el empobrecimiento en ozono y los halocarburos, como Molina y Rowland habían sospechado. Ellos postulaban las reacciones (5) y (6) con $X \equiv Cl$, pero la presencia de dióxido de nitrógeno NO_2 y metano CH_4 , ambos relativamente abundantes, detiene el ciclo catalítico al transformar el Cl en cloruro de hidrógeno HCl

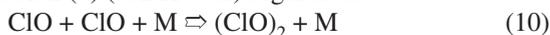


y el monóxido de cloro ClO de (6) en nitrato de cloro $ClONO_2$



compuestos que hacen el cloro inactivo respecto al ozono y actúan por tanto como *depósitos* de cloro.

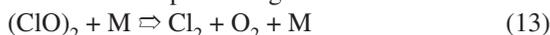
En cambio, como Luisa y Mario Molina (1978, a y b) han mostrado, para la destrucción del ozono resulta ser crucial la formación de un dímero del monóxido de cloro, procedente de la reacción (5) (con $X = Cl$) seguida de



y la fotólisis directa



o bien la disociación del dímero en primer lugar



y del cloro después



y el Cl liberado en (12) y (14) vuelve a reaccionar según (5), (que no requiere presencia de oxígeno monoatómico) destruyendo el ozono.

Durante la mayor parte del año, no obstante, este ciclo de reacciones no actúa porque los átomos de cloro permanecen «secuestrados» en los *compuestos depósito*. La destrucción en gran escala del ozono requiere un mecanismo que libere el cloro de sus depósitos y una eficaz desnitrificación que garantice muy baja concentración tanto de NO_2 como de CH_4 a fin de hacer las (8) y (9) inoperantes.

Las medidas mostraron que esta segunda condición se cumple en la estratosfera antártica primaveral gracias a la formación durante el invierno de unas nubes especiales, las *nubes estratosféricas polares (NEP)* (Hamill y Toon, 1991), que requieren muy bajas temperaturas y parecen pertenecer a dos tipos: el I sería de ácidos nítrico y sulfúrico y agua; el II sería de cristales de hielo. Estas nubes son sede de reacciones en fases heterogéneas (gas-sólido) de extraordinario rendimiento, que liberan el cloro Cl_2 de los

compuestos depósito al mismo tiempo que secuestran los óxidos de nitrógeno NO_x almacenándolos en forma de ácido nítrico, por ejemplo



El proceso, que opera durante la larga noche polar, se conoce como *desnitrificación* (eliminación de NO_x) de la estratosfera. Las partículas de ácido nítrico de las NEP, por su parte, sedimentan con el tiempo, desnitrificando efectivamente la estratosfera polar.

Al retorno del Sol a la estratosfera antártica, fotoliza el Cl_2 en dos átomos de Cl y las reacciones (5) a (14) prosiguen en gran escala sin el obstáculo de las (8) y (8) pues las NEP ya han denoxificado y desnitrificado la estratosfera. Esto explica la destrucción brusca y masiva del ozono en primavera: el *agujero de ozono*.

Más adelante, cuando la radiación alcanza valores suficientemente altos, desaparecen las condiciones necesarias para dicha destrucción: la intensa circulación ciclónica asociada al vórtice polar queda sustituida por una débil circulación anticiclónica, y se produce una fuerte subida de temperatura que disipa los NEP; los óxidos de nitrógeno, ya no retenidos en ellas, vuelven a frenar el ciclo catalítico de destrucción de ozono hasta detenerlo a mediados o finales de primavera y éste recupera poco a poco su concentración normal. Algunas veces, los cambios de circulación y temperatura son tan insólitos que se habla de *derrumbamiento* del vórtice y *calentamiento explosivo* de la estratosfera (Palmer y Taylor, 1960).

El vórtice polar antártico: diferencias con el ártico

Lo dicho no explica por qué el agujero de ozono es un fenómeno exclusivamente antártico; hay para ello razones geográficas y meteorológicas.

Debido a ser la Antártida un continente casi circular, al hecho de que en el hemisferio Sur los restantes continentes no se extienden hasta latitudes altas y al predominio de los mares sobre las tierras, la circulación atmosférica es allí mucho más zonal —es decir, según los paralelos— que en el hemisferio Norte. Ello crea un déficit de transporte meridiano de calor y consiguientemente una fuerte diferencia de temperatura entre las bajas y las altas latitudes australes, o gradiente meridiano de temperatura, que a su vez refuerza la circulación. El fenómeno alcanza caracteres extremos durante el invierno. Al comienzo de la noche polar cesa el calentamiento de la estratosfera por absorción de radiación ultravioleta, mientras que la emisión de radiación infrarroja prosigue imperturbada. Este aire extraordinariamente frío se contrae y desciende, creando un fuerte gradiente meridiano de presión que impulsa al aire de latitudes medias hacia el Polo Sur; pero la fuerza de Coriolis desvía su trayectoria convirtiendo la corriente inicialmente meridiana en una corriente zonal o chorro entre las latitudes 50 y 70°S en el que el viento alcanza velocidades de casi 400 km/h: el vórtice polar (Palmer, 1959; Fig. 4).

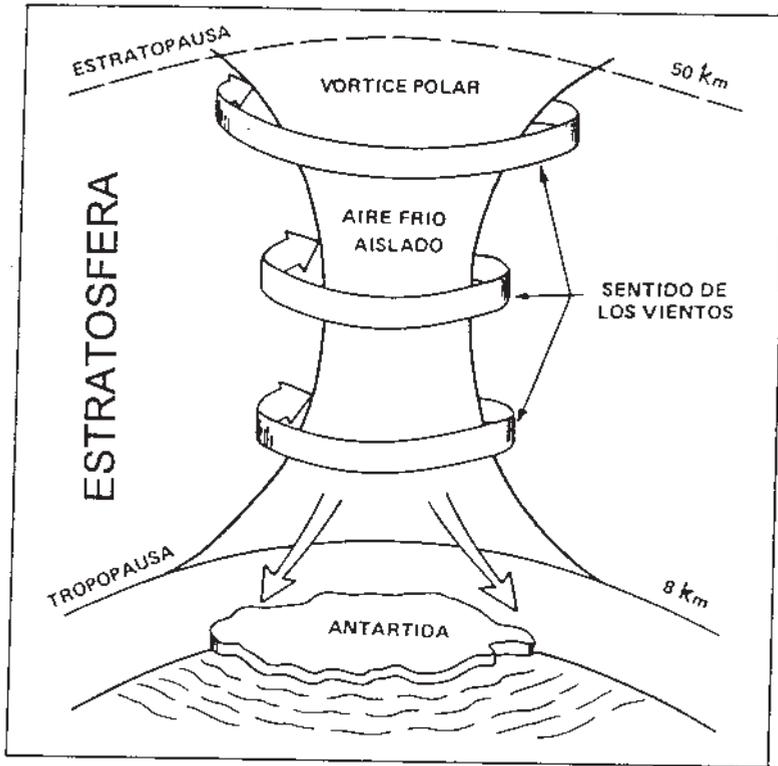


Figura 4. Representación esquemática del vórtice polar. (Reproducida de Sainz de Aja, 1990).

El aire en el interior del vórtice queda todo el invierno prácticamente aislado del resto del hemisferio mientras prosigue el enfriamiento radiativo. La consecuencia es un enfriamiento extremo de la estratosfera antártica, que alcanza temperaturas inferiores a -85°C sin paralelo en el Ártico, donde son por término medio 10 a 15°C más altas. Entre los sondeos de la Fig. 5, realizados por el autor (1967) y colaboradores en una estación antártica durante el año 1961, el n.º. 4, correspondiente al 17 de julio, muestra una estratosfera tan extraordinariamente fría, que desaparece la inversión tropopáusica. Se usaba un radiosonda cuyo límite inferior de temperatura era del orden de -88°C y se nos salió de escala tres veces durante el invierno.

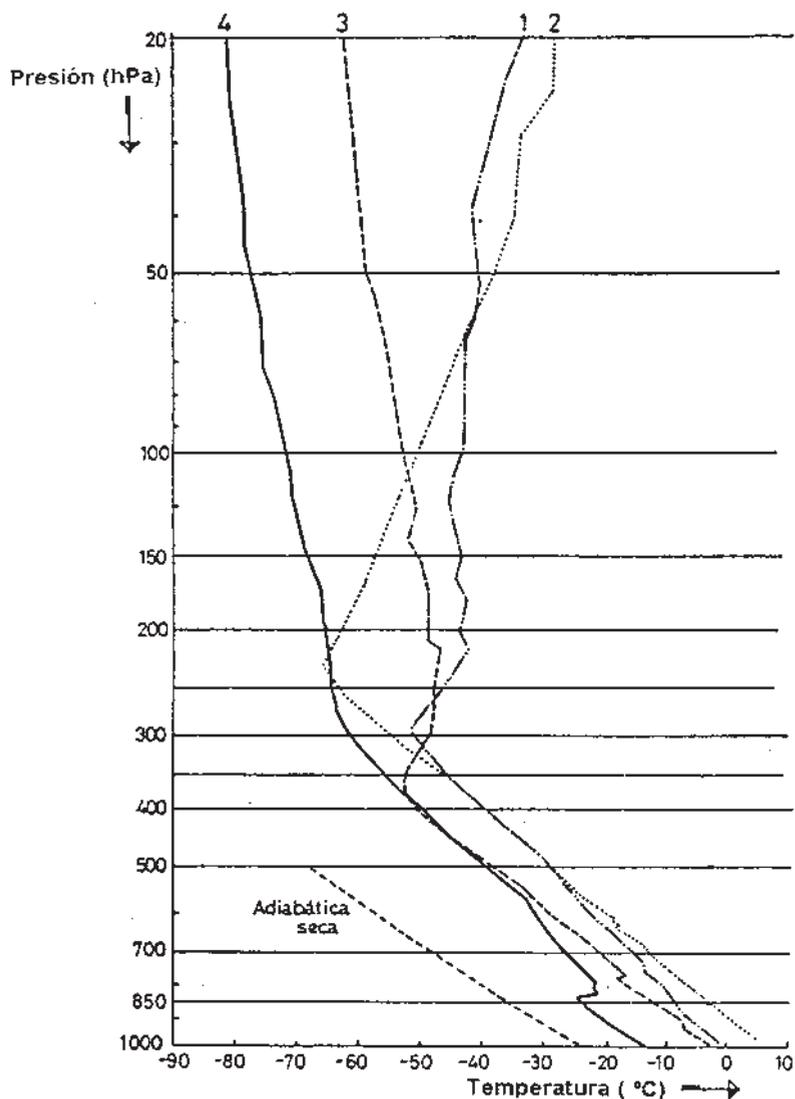


Figura 5. Radiosondeos tomados en la estación antártica chilena «Presidente Gabriel González Videla» durante el año 1961. El sondeo n° 4, realizado el 17 de julio, muestra las características ausencia de inversión tropopáusica y estratosfera extremadamente fría, ambas típicas del aire en el interior del vórtice. (Adaptada de Puigcerver, 1967).

Como las NEP —esenciales, como se ha visto, para la destrucción del ozono— sólo se forman a temperaturas vecinas a -80°C , son mucho más abundantes y persistentes en la Antártida que en el Ártico, donde su escasez y limitada duración les impide realizar una desnitrificación efectiva de la estratosfera.

Inquietudes

Tras lo expuesto, surge espontáneamente cierto número de preguntas. Sin pretender agotar la cuestión, he aquí algunas:

1. ¿Por qué apareció el agujero hacia en decenio de 1970?
2. ¿Puede algo semejante ocurrir en el hemisferio Norte?
3. ¿Podría el agujero extenderse a latitudes medias?
4. Si fuese así ¿comportaría algún riesgo para los seres vivos?
5. En caso afirmativo ¿hasta qué punto sería peligroso?

La respuesta a la primera parece sencilla. El uso industrial de los halocarburos data aproximadamente de 1950; hizo falta alrededor de veinte años para que esos gases, descuidadamente lanzados a la atmósfera, llegasen hasta la estratosfera.

Si la explicación del agujero que se ha expuesto es correcta, la respuesta a las dos preguntas siguientes ha de ser negativa, pues en ningún otro lugar de la Tierra se dan las condiciones antárticas: un vórtice extraordinariamente intenso y aislado que impide el intercambio no sólo de calor, sino de materia con del resto del hemisferio; las temperaturas excepcionalmente bajas, consecuencia de ello y de la noche polar, y la formación y persistencia de nubes estratosféricas polares que desnitrifican la estratosfera. Nada de ello sucede en el Ártico, donde el vórtice, mucho más débil y menos zonal, se destruye al menos una vez durante el invierno como consecuencia de la advección de aire más cálido. Ya se ha indicado el dominio de temperaturas árticas; las NEP son pues escasas y esporádicas. En consecuencia, aunque en algunos puntos se destruye el ozono —*miniagujeros*— son transitorios, de extensión limitada y comparativamente poco profundos.

Pese a ello, parece inquietantemente claro que en las latitudes medias del hemisferio Norte el contenido total de ozono ha estado disminuyendo a razón de entre 1 a 6% por decenio, dependiendo de la estación del año y la latitud, y la mayor parte de la disminución tiene lugar en la baja estratosfera. Esto contradice la explicación anterior, según la cual la máxima destrucción debería tener lugar donde es máxima la irradiancia ultravioleta, es decir, a grandes alturas. Parece, pues, que la explicación no es del todo correcta y se deberá revisar o completar. Se ha sugerido que el mecanismo del dímero $(\text{ClO})_2$ puede no ser el único medio de destrucción del ozono y se ha especulado también sobre la posibilidad de que el aerosol estratosférico de sulfatos, muy abundante en el hemisferio Norte, desempeñe un papel similar al de las NEP. Aunque no sea de esperar una destrucción masiva del ozono como en el agujero antártico, hay poca duda de que en nuestro hemisferio se está produciendo un empobrecimiento, por ahora lento y leve.

El efecto de este empobrecimiento de ozono sobre los seres vivos estriba en el aumento de la dosis de radiación UV-B que recibirían. No es fácil cuantificar el aumento de UV-B en función de la disminución de O_3 porque tanto el vapor de agua como las nubes actúan en sentido contrario y de manera complicada. Tampoco es sencillo el problema de la dosis porque la irradiancia UV-B recibida depende de la concentración de O_3 pero también de la inclinación del haz solar, a su vez función de la latitud y la época del año. Por estas razones, gran parte de la información que sigue debe considerarse con suma reserva. Se suele mencionar el incremento de lesiones oculares y cutáneas e incluso alteraciones de los ADN portadores del código genético como consecuencia del aumento de la dosis de UV-B ; algunos investigadores médicos (Scott, 1984) han estimado que un aumento de $n\%$ de la irradiancia UV-B recibida llevaría consigo un aumento de $2n\%$ de los casos de cáncer de piel. Se ha hablado también de extrañas enfermedades oculares en el

ganado en el Sur de Chile, reducción de cosechas, reducción del fitoplancton con las consiguientes alteraciones ecológicas, etc. Todo ello está pendiente de un estudio riguroso y profundo.

Referencias

- Cacho, J. y Sainz de Aja, M. J. 1989. *Antártida - El agujero de ozono*. Tabapress, Madrid, 250 pp.
- Cacho, J., 1990: "El ozono estratosférico en las próximas décadas: Variaciones naturales y efectos de la contaminación". En: «Ozono estratosférico y agujero de ozono». *Mem. Real Acad. Ciencias y Artes Barcelona*, **884**, L, 2, 79-102.
- Crutzen, P. J., 1970: «The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content». *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **96**, 320-325.
- Chapman, S., 1930: «On ozone and atomic oxygen in the upper atmosphere». *Phil. Mag.*, **10**, 369.
- Chubachi, S., 1984: «A special ozone observation at Syowa station, Antarctica, from February 1982 to January 1983». En *Atmospheric Ozone*. C. Zerefos y A. Ghazi, Eds. Dordrecht, Reidel, 285-289.
- Dobson, G. M. B., 1957: «Observers' Handbook for the ozone spectrophotometer». *Annals Int. Geophys. Year*, V, Pt. I., 48-49. Pergamon Press.
- Farman, J. C., B. C. Gardiner y J. D. Shanklin, 1985: «Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal Cl_x/NO_x ». *Nature*, **315**, 207-210.
- Gil, M., 1990: "Introducción al ozono estratosférico: origen, evolución y dinámica estratosférica". En: «Ozono estratosférico y agujero de ozono». *Mem. Real Acad. Ciencias y Artes Barcelona*, **884**, L, 2, 5-21.
- Hales, J., 1996: «Scientific background for AMS policy statement on atmospheric ozone». *Bull. Am. Met. Soc.*, **77**, 6, 1249-1253.
- Halpert, M. S., G. D. Bell, V. E. Kousky y C. F. Ropelewski, 1996: «Climate assessment for 1995». *Bull. Am. Met. Soc.*, **77**, 5, S1-S44.
- Hamill, P. y O. B. Toon, 1991: «Polar stratospheric clouds and the ozone hole». *Phys. Today*, Dec. 1991, 34-43.
- Johnston, H. S., 1971: «Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalyst from supersonic transport exhaust». *Science*, 173, 517-522.
- Molina, L. T. y M. J. Molina, 1987: «Production of Cl_2O_2 by the self reaction of the ClO radical». *J. Phys. Chem.*, **91**, 433-436.
- Molina, M. J. y F. S. Rowland, 1974: «Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom catalyzed destruction of ozone». *Nature*, 249, 810.
- Palmer, C. E., 1959: «The stratospheric polar vortex in winter». *J. Geophys. Res.*, **64**, 7, 749-764.
- Palmer, C. E., y R. C. Taylor, 1960: «The vernal breakdown of the stratospheric cyclone over the South Pole». *J. Geophys. Res.*, **65**, 10, 3319-3329.
- Puigcerver, M., 1967: "Upper air observations at González Videla Station, Antarctica, during 1961". En «Polar Meteorology», *Tech. Note No. 87, W.M.O. - No. 211. T.P. 111*, 307-323.
- Sainz de Aja, M. J., 1990: "El agujero de ozono". En: «Ozono estratosférico y agujero de ozono». *Mem. Real Acad. Ciencias y Artes Barcelona*, **884**, L, 2, 23-49.
- Scott, E. L., 1984: «Epidemiology of skin cancer under increasing UV radiation». *INDO-US Workshop on Global Ozone Problem*, 235.

**L'embat a l'illa de
Mallorca**

Climent Ramis
Noguera
*Grup de Meteorologia.
Departament de Física
(UIB)*

Territoris (1998), 1:
253-274

L'embat a l'illa de Mallorca

Climent Ramis Noguera

Grup de Meteorologia. Departament de Física. Universitat de les Illes Balears.

Resum

Es presenta una revisió del concepte d'embat i de les condicions meteorològiques favorables per al desenvolupament d'aquesta circulació local. Es fa una discussió particular per a l'illa de Mallorca. Es descriuen les característiques de l'embat de mar a Mallorca, de les quals la més important és una línia de convergència al centre de l'illa. Es presenta una observació d'aquesta línia de convergència per satèl·lit. Finalment s'inclouen dues simulacions numèriques de l'embat; la primera, amb un model senzill, bidimensional en el pla horitzontal, i la segona, amb un model mesoescalar tridimensional amb un tractament sofisticat dels processos superficials.

Abstract

A short revision of the breeze concept is presented. The favourable meteorological conditions for the development of such local circulation are considered with particular emphasis for the island of Mallorca. The major features of the sea breeze in Mallorca are discussed. The main characteristic is a convergence line in the centre of the island. A satellite observation of such convergence line is presented. Finally two numerical simulations of the sea breeze in Mallorca are included. The former uses a very simple bidimensional horizontal model and the second a tridimensional mesoscale model with sophisticate parameterization of the soil and surface processes.

Key words: Mallorca. Sea breeze. Numerical simulation.

Recepció del manuscrit, desembre de 1996

Introducció

Es coneix com a embat, de forma genèrica, el vent que es produeix entre dues zones adjacents quan tenen diferent resposta a la radiació solar. Aquesta circulació és de poc gruix i el vent als nivells baixos va des de la part freda a la calenta i, als nivells més alts, de la calenta a la freda (fig. 1). Així es pot formar embat entre una zona de sòl nu i una d'adjacent de vegetació espessa, o entre dues zones amb diferent tipus de vegetació. La forma més coneguda d'embat, i tal volta la que permet que el vent assoleixi els valors més alts, és la circulació que es produeix entre mar i terra en costes continentals i a les illes, com també en costes de llacs grans. També és molt conegut l'embat que es forma als pendents de muntanyes quan la muntanya està exposada a més radiació solar que la part plana que té al costat.

Per aquest motiu, d'ara endavant, parlarem d'embat com la circulació entre mar i terra. A l'estiu, quan la radiació solar és gran, la terra durant el dia assoleix unes temperatures altes que comunica a l'aire que té damunt, mentre que l'aigua no sofreix canvis apreciables de temperatura i, per tant, l'aire que té damunt tampoc els sofreix. L'augment de la temperatura sobre la terra produeix una disminució de pressió de tal manera que es crea una força sobre les partícules d'aire que les posa en moviment (Pielke, 1984). D'aquesta manera es pot produir una circulació des de la mar cap a la terra durant el dia, que serà més forta com més gran sigui la diferència entre la temperatura de l'aire sobre la mar i la que s'assoleix terra endins. La circulació comença just a la costa i té petites dimensions. Progressivament va augmentant de grandària i arriba més dins terra. L'aire des de la mar va canviant aire sec i calent per aire més fred i humit. Aquest canvi és bastant ràpid, de tal forma que la línia imaginària que separa els dos tipus d'aire es pot considerar com un front. El vent depèn de les condicions locals d'allà on es forma: estructura de la costa, tipus de sòl terra endins, vegetació, orografia, etc.

Durant la nit, la terra es refreda, per emissió de radiació tèrmica, i també l'aire de les capes baixes. La mar pràcticament no sofreix canvi de temperatura, ni l'aire que hi està en contacte. Si la temperatura de l'aire sobre terra és inferior a la de l'aire sobre la mar, es produeix una circulació semblant a la descrita anteriorment, però que va des de terra cap a la mar. Aquest vent és conegut com embat de terra o terral, i apareix normalment de matinada, quan sobre terra s'assoleixen les temperatures mínimes.

D'una forma general, podem resumir les condicions favorables per a la formació de l'embat, tenint en compte les consideracions anteriors. En primer lloc, la radiació solar ha de ser gran per produir un fort encalement del sòl. Això fa que siguin molt més propícies les condicions estiuenques, quan l'altura del sol sobre l'horitzó és gran. Perquè la radiació solar arribi al sòl, el cel ha d'estar estirat, sense núvols; això és més favorable quan el règim és anticiclònic i prop del centre de l'anticicló. Una altra condició favorable és que la radiació solar que arriba al sòl s'empra tota per encalement-lo. Això es produeix quan el sòl està sec; si conté aigua, part de la radiació solar s'empra per evaporar-la i, per tant, el sòl no augmenta tant la temperatura.

Les condicions a la Mediterrània occidental durant l'estiu són molt favorables per a la formació de l'embat. D'una banda, la seva latitud mitjana de 40° N fa que durant l'estiu l'altura del sol sobre l'horitzó assoleixi els 73.5°. D'altra banda, la situació meteorològica més freqüent durant l'estiu està caracteritzada per l'anticicló de les Açores, que estén la influència a l'Europa central. La baixa tèrmica que es desenvolupa sobre la península Ibèrica produeix un reforçament de la circulació anticiclònica sobre la Mediterrània occidental (fig. 2), i per tant una estabilitat que permet molt sovint la presència de cel estirat.

A Mallorca (fig. 3), durant l'estiu, el sòl està molt sec. Les precipitacions que normalment es produeixen durant la primavera no són suficients per mantenir el sòl humit. Com a exemple es pot veure, a la figura 4, el balanç hídric de Thornthwite per a Lluçmajor. El dèficit d'aigua és molt gran durant l'estiu. Per aquest motiu el sòl assoleix temperatures altes. D'altra banda, Mallorca és suficientment gran per mantenir un focus calent al centre de l'illa, la qual cosa fa que la circulació es pugui mantenir tot el dia. En illes més petites, si l'aire fred de la mar, en allunyar-se de les costes, no té temps suficient d'encalement-se, la circulació desapareix en deixar d'existir una marcada diferència de temperatures i, per tant, el mecanisme generador de l'embat.

Com a conseqüència de les condicions favorables que acabam de comentar, a Mallorca l'embat es forma des de l'abril fins a l'octubre. Però és durant el juliol i l'agost

que la seva presència és quasi diària. A l'aeroport de Palma, al costat de la badia de Palma, la seva presència a les 1200 UTC és del 80% dels dies durant el juliol i del 76% durant l'agost. A la figura 5 es pot veure l'evolució del vent, la temperatura i la temperatura del punt de rosada a l'aeroport de Palma durant un dia que l'embat es va desenvolupar de forma ben neta. Es pot veure l'augment de la temperatura i la disminució de la humitat relativa des dels primers moments de la sortida del sol, i la disminució de temperatura i l'augment d'humitat que es registra en el moment de l'entrada de l'aire des de la mar.

L'embat a Mallorca vist per J. M. Jansà i E. Jaume

L'alta freqüència de presentació de l'embat a Mallorca durant la part calenta de l'any no va passar desapercebuda als meteoròlegs de l'incipient Centre Meteorològic de les Balears els anys quaranta. Aquesta alta freqüència també va fer que s'adonassin de la importància meteorològica que tal circulació local té per a l'illa. Per aquest motiu, J. M. Jansà, com a cap del Centre, i els seus col·laboradors dissenyaren una campanya d'observació de l'embat per conèixer-ne les característiques. Eren conscients que l'estructura de l'embat era força complicada i que precisaven un gran nombre d'observacions per arribar al resultat desitjat. L'època, però, no permetia la realització simultània del nombre d'observacions desitjades. Per aquest motiu, recorren a la climatologia i als coneixements del clima dels pagesos i pescadors. Aquests eren bons coneixedors de l'embat per tradició, ja que els seus avantpassats havien utilitzat l'embat durant segles per fer les eres netes durant la recollida del gra i com a energia eòlica per als molins o per desplaçar-se per la mar voltant Mallorca. A més a més, la climatologia popular filtra les perturbacions que poden estar lligades a un dia particular i ofereix uns valors mitjans que són els que interessen per a un estudi com el que es proposaven J. M. Jansà i els seus col·laboradors.

Amb aquesta intenció dissenyaren un qüestionari per ser contestat per pagesos i pescadors, que es va encarregar de passar la Guàrdia Civil. Amb 720 contestacions determinaren l'estructura de l'embat a Mallorca. El treball fou publicat per Jansà i Jaume (1946), i és el mirall on s'han mirat tots els meteoròlegs per a la previsió del vent durant l'estiu a Mallorca i la guia per als estudis posteriors.

Comentaré a continuació els principals resultats de Jansà i Jaume (1946). La figura 6a és una reproducció de la seva figura més clàssica. Representa les línies de corrent de l'embat. Com es pot veure, els corrents més importants corresponen als procedents de les dues grans badies i del sud, on la costa és baixa. A la badia de Palma el vent és del sud-oest, com també ho és a les costes del sud. A la badia d'Alcúdia el flux és del nord-est. A la costa de llevant el vent és de l'est, mentre que a la costa nord-oest l'embat és quasi inexistent, amb una manifestació al port de Sóller. La característica més important és que els fluxos des de les dues badies assoleixen el centre de l'illa i formen una línia de convergència per a un encontre dels dos corrents, de tal manera que en aquesta línia hi ha d'haver forts corrents verticals. La mateixa figura mostra la forta influència de l'orografia sobre els corrents de l'embat. On hi ha una orografia que ressalta (el massís de Randa, per exemple) s'hi formen remolins com si el corrent cercàs les parts més baixes per continuar l'entrada cap a l'interior de l'illa. Aquesta acció de l'orografia és molt més marcada a la serra de Tramuntana, de tal manera que l'altura de la serra és suficient per bloquejar el corrent i evitar l'entrada de l'embat dins l'illa. D'altra banda, la serra de Llevant no assoleix una altura suficient per aturar l'embat des de les costes de l'est, però el retarda de

tal manera que permet que els corrents des de les badies arribin al centre de l'illa. Una particularitat és que les dues grans badies es comporten com si fossin terra i no mar, de tal manera que l'embat comença a desenvolupar-se a les boques de les badies. L'entrada de l'embat dins aquestes es pot seguir visualment pel canvi que el vent va produint sobre l'estat de la mar i que, progressivament, es va acostant cap a terra.

A les zones on els corrents formen convergència, per continuïtat, es creen corrents verticals. Com que l'aire és humit, es formen núvols, els quals visualment permeten la identificació de les zones de convergència. Jansà i Jaume (1946) també presenten una carta (fig. 6b) amb la localització d'aquestes zones, que coincideix perfectament amb les zones on les línies de corrent conflueixen. Si les condicions meteorològiques són favorables, aquests núvols poden assolir un gran gruix i donar lloc a ruixats locals molt forts.

El treball de Jansà i Jaume (1946) es completa amb unes cartes on es donen el moment de l'inici i el del final de l'embat, així com la seva duració. Es pot veure que l'embat comença a les costes i va penetrant gradualment cap a l'interior amb una velocitat inferior a la del corrent de l'embat, la qual cosa demostra l'existència d'un front ben marcat. Anàlogament l'embat acaba primer a l'interior que a les costes, de tal manera que la duració total durant un cicle diürn va des d'unes sis hores, al centre de l'illa, a unes dotze hores a les costes del sud.

La línia de convergència i la seva observació des de l'espai

Com hem vist a l'apartat anterior, Jansà i Jaume (1946) caracteritzaren la circulació lligada a l'embat a Mallorca i en posaren de manifest l'estructura més significativa: la línia de convergència al centre de l'illa per la confluència dels corrents des de la badia d'Alcúdia i la de Palma. També foren capaços de situar les zones més importants d'aquesta convergència.

Una comprovació de les idees de Jansà i Jaume (1946) sobre la línia de convergència fou realitzada per Ramis i Alonso (1988), els quals presentaren una observació de la formació dels núvols al centre de Mallorca utilitzant imatges del satèl·lit Meteosat (fig. 7). Aquesta imatge pot comparar-se amb l'anterior figura 6b.

Una primera simulació numèrica de l'embat

Un primer intent de simular numèricament l'embat a Mallorca fou realitzat per Ramis et al. (1990). El model és bidimensional en el pla horitzontal (x,y). La velocitat del vent es calcula mitjançant l'expressió

$$\vec{V}(t + dt) = \vec{V}(t) + \vec{a}dt$$

on \vec{a} és l'acceleració donada per

$$\vec{a} = -\frac{1}{\rho}\nabla p - \vec{f} \times \vec{V} + \vec{R}$$

ρ és la densitat de l'aire, p la pertorbació de la pressió, f el paràmetre de Coriolis, i R el

fregament.

La pertorbació de la pressió, deguda a les variacions de la temperatura, es determina

$$p(x, y, t) = -bA(x, y, t)B(t)$$

mitjançant

on $A(x, y, t)B(t)$ és una funció sense dimensions proporcional a les variacions de temperatura, i b és una constant amb dimensions per transformar les variacions de temperatura a pertorbacions de pressió en hPa.

$B(t)$ és una funció sinusoidal amb un desplaçament del zero per simular condicions estiuenques tal com mostra la figura 8. $A(x, y, t)$ representa la contribució radiativa (diabàtica) i advectiona a l'amplària de les variacions de temperatura. Arbitràriament assoleix valors des de 0 a 5. Els valors inicials d'aquesta funció es poden veure a la figura 9. Per la definició dels valors, se suposa que la resposta tèrmica a la radiació solar és uniforme dins l'illa i que és zero sobre la mar, amb una suau transició des de terra a la mar. Aquesta hipòtesi està fonamentada sobre la distribució de la temperatura màxima mitjana a Mallorca durant el juliol (Guijarro, 1985). L'entrada d'aire fresc des de la mar destrueix aquest comportament ideal; per això A depèn del temps. S'assigna un valor de 0,15 hPa a la constant b per produir una pertorbació màxima de 0,8 hPa en el centre de l'illa. El paràmetre de Coriolis es calcula a 40° N de latitud.

$$\vec{R} = \frac{C_D |\vec{V}| |\vec{V}|}{H} f(h)$$

L'important efecte de l'orografia sobre aquesta circulació s'introdueix en el terme del fregament. Aquest es calcula mitjançant l'expressió on C_D és el coeficient de fregament, $|\vec{V}|$ és el mòdul de la velocitat i H és l'altura de la capa fronterera. La funció $f(h)$ depèn de l'altura del terreny, h , de tal manera que el

$$f(h) = 0.5h^{3.5} + 1$$

fregament augmenta quan l'altura augmenta, simulant l'efecte de bloqueig que l'orografia imposa a un corrent local de poca alçada. Així la funció $f(h)$ considerada fou on h està en hm. A més a més, el corrent es bloqueja absolutament quan l'altura del terreny és superior als 4 hm.

El coeficient de fregament C_D es considera constant tant sobre terra com sobre mar, amb valors $4.5 \cdot 10^{-3}$ i $1.2 \cdot 10^{-3}$ respectivament (Sánchez-Gallardo et al., 1977), però l'altura de la capa fronterera sofreix un cicle diürn que es parametriza d'acord amb els valors indicats per la figura 10.

El model s'integra numèricament sobre una xarxa de 25×22 punts, amb una resolució de 6.5 km, començant a les 0530 UTC, que és aproximadament l'hora de la sortida del sol a Mallorca durant el juliol. La integració és avançada amb el temps i semilagrangiana (Bates i McDonald, 1982), i les forces de pressió es calculen per diferències finites centrades. L'acceleració se suposa constant durant cada pas de temps, que és de 900 s.

El procés de difusió per suavitzar els camps s'aconsegueix després de cada pas de temps reassignant valors a V i A a cada nu de la xarxa mitjançant una anàlisi, utilitzant els

$$\vec{V}(t + dt) = 0.8\vec{V}_a(t + dt) + 0.2\vec{V}(t)$$

valors de les nou partícules que estan més pròximes al nu considerat. Anàlogament, les

$$A(t + dt) = 0.7A_a(t + dt) + 0.3A(0)$$

variacions temporals de V i A se suavitzen a cada punt de la xarxa de la manera

i

on el subíndex a representa valor analitzat.

Les condicions inicials són vent, calma i pressió uniforme horitzontalment, molt freqüentment utilitzades en aquest tipus de simulacions (Anthes, 1978; Mahrer i Pielke, 1977).

Els resultats de la simulació es poden veure a la figura 11. A les 0900 UTC l'embat està desenvolupat sobre les costes amb un front ben marcat, però la circulació no ha assolit encara el centre de l'illa. A les 1200 UTC i a les 1500 UTC l'embat està completament madur. El model simula clarament la línia de convergència que es produeix al centre de Mallorca així com algunes convergències secundàries al nord-est. Aquest moment és el que s'ha de comparar amb la figura 6a. El model també simula el procés de dissipació de la circulació, de tal manera que l'embat s'acaba abans al centre de l'illa que a les costes, on encara hi ha una circulació notable a les 1800 UTC. Finalment, el model mostra la formació d'embat de terra durant la nit, el qual se situa únicament sobre les costes. El vent simulat coincideix amb força aproximació amb els valors registrats als observatoris de l'aeroport de Palma i de sa Canova (sa Pobla).

Es poden veure més detalls sobre el model a Ramis et al. (1990). S'ha de dir que una versió millorada, que inclou l'efecte d'un flux sinòptic sobre l'embat, funciona al Centre Meteorològic de les Balears.

Una simulació tridimensional de l'embat

El model utilitzat per Ramis et al. (1990) és molt senzill. En primer lloc és bidimensional, la qual cosa fa que no simuli l'estructura tridimensional de l'embat. En segon lloc les parametritzacions dels processos físics que intervenen en el desenvolupament de la circulació són molt simples i, encara que realistes, ignoren alguns mecanismes molt importants, com per exemple, les diferències de la resposta tèrmica del terreny com a conseqüència de l'existència de vegetació. En tercer lloc, i lligat amb l'anterior, es considera el fregament i el bloqueig de l'orografia d'una manera massa forçada, etc.

Ramis i Romero (1995) utilitzaren un model numèric sofisticat per simular l'estructura tridimensional de l'embat a Mallorca. El model, desenvolupat per Nickerson et al. (1986), és un model d'equacions primitives amb una coordenada vertical que segueix el terreny. La difusió horitzontal s'introdueix mitjançant un operador de quart ordre, i els coeficients d'intercanvi turbulent són variables espacialment i temporalment com a funcions de l'energia cinètica turbulenta, pronosticada pel model, seguint Therry i Lacarrère (1983). Les equacions de balanç per a l'energia i el contingut d'aigua a la superfície es resolen en una capa d'interacció entre el sòl i l'aire. Un submodel permet resoldre la difusió de temperatura i aigua dins el sòl, a més d'incorporar una capa vegetal amb capacitat calorífica menyspreable (Mahfouf et al., 1987; Deardorff, 1978). La radiació solar i els fluxos infrarojos estan parametritzats seguint Mahrer i Pielke (1977).

El model s'aplicà a un domini de $150 \times 150 \text{ km}^2$ sobre una xarxa de 2,5 km de resolució, amb uns paràmetres astronòmics corresponents al 15 de juliol a 40° N de latitud. La simulació cobreix un cicle diürn començant a les 0500 UTC. L'estructura vertical es determina amb 30 nivells que, atesa la forma de la coordenada vertical, permeten una bona resolució als nivells baixos atmosfèrics. L'estructura tèrmica vertical inicial correspon a la mitjana del mes de juliol sobre Mallorca a les 0000 UTC (Ramis, 1976). Se suposa inicialment vent calma i camps horitzontals uniformes, donats per l'esmentada estructura vertical.

La distribució de tipus de sòl i vegetació considerats es poden veure a la figura 12. Es consideraren cinc tipus de textura de sòl i de vegetació. Per tenir en compte la diferent cobertura vegetal, s'ha d'incloure un factor de cobertura. Els paràmetres característics per a cada tipus de sòl i vegetació es poden veure en Ramis i Romero (1995).

La temperatura de la superfície de la mar considerada és de 25° C i la temperatura inicial del sòl correspon a la distribució de la temperatura mínima mitjana del juliol (Guijarro, 1985).

La figura 13 mostra el vent a 5 m del sòl donat pel model per a un cicle diürn. A les 0900 UTC (fig. 13a), l'embat entra a l'illa solament uns pocs quilòmetres, exceptuant la costa nord-oest, on el vent és molt fluix. La influència de l'asselellada part est de la serra de Tramuntana es pot identificar, ja que el vent, tant des de la badia de Palma com des de la badia d'Alcúdia, gira cap al pendent calent, és a dir, es forma simultàniament un embat de pendent. La circulació de l'embat està completament desenvolupada a les 1200 UTC, i es manté durant la tarda, com es pot veure a la figura 13b, que correspon al resultat del model a les 1500 UTC. La línia de convergència al centre de l'illa està perfectament representada, així com altres convergències menors al nord-est i al sud-est de l'illa. També es pot comparar aquesta figura amb la distribució de les línies de corrent trobades per Jansà i Jaume (1946). Es poden identificar dues circulacions ciclòniques petites i poc profundes a les 1500 UTC. La primera, al centre de l'illa, com a conseqüència del cisallament que hi ha entre els corrents des de les grans badies i del fort flux de calor des del sòl cap a l'aire. Es pot considerar com una baixa tèrmica de petites dimensions. La segona està localitzada a l'oest de l'illa, al sud d'un grup important de muntanyes. Molt més que un desenvolupament de sotavent, ha de ser considerat com un efecte de cap.

El model mostra una ràpida disminució de la circulació després de les 1900 UTC. A les 2100 UTC (fig. 13c) es veu que una circulació ciclònica dèbil queda entorn de l'illa. Malgrat això, els petits ciclons encara mantenen la influència sobre l'embat. El que era al centre de Mallorca s'ha desplaçat cap al nord i domina la circulació a la badia d'Alcúdia. La que era a l'oest s'ha desplaçat cap a l'est i determina la circulació a la badia de Palma i les costes del sud. A la matinada (fig. 13d) la circulació és molt dèbil. Un lleuger terral apareix sobre les costes del sud, est i nord-est.

L'estructura vertical de l'embat es pot veure mitjançant talls verticals al llarg de les línies AB, que inclou els vents més forts, i CD, que inclou la línia de convergència, indicades a la figura 3. La figura 14a mostra l'estructura vertical de la component del vent al llarg de la línia AB a les 1500 UTC. Es pot veure que l'embat, quan està completament desenvolupat, té un gruix inferior a 1 km. Els vents més forts estan sobre les costes. La convergència dels corrents al centre de l'illa és molt forta. El contracorrent també té un gruix aproximadament d'1 km, amb uns valors inferiors als del corrent. El tall vertical al llarg de la línia CD (fig. 14b) mostra que l'embat en aquesta direcció és més baix que en l'altra direcció considerada. Al nord-oest l'embat no pot sobrepassar la serra de Tramuntana i està restringit sobre la mar, mentre que a l'est sí que pot sobrepassar la serra

de Llevant. La part central d'aquest tall està dominada per divergència, al contrari del que passava en el tall AB.

Els resultats del model han estat comparats amb observacions realitzades en diferents observatoris i estacions meteorològiques automàtiques. Els resultats són força bons. Com un exemple, es presenta la figura 15, on es poden veure els resultats del model comparats amb les observacions realitzades a l'aeroport de Palma el 22 de juliol de 1993.

Per a més detalls sobre el model, resultats i efectes de l'orografia i de la sequedat del sòl sobre l'embat, vegeu Ramis i Romero (1995).

Conclusions

El treball de Jansà i Jaume (1946) fou una contribució importantíssima al coneixement de la circulació tal volta més característica de Mallorca. Representa, d'altra banda, una visió avançada molts d'anys del que avui coneixem com a circulacions mesoescalars, és a dir, circulacions de petita escala que són realment les que localment determinen el temps. Ha estat el punt de partida i la referència de tots els estudis posteriors que s'han fet sobre l'embat a Mallorca.

Els models numèrics han mostrat la seva habilitat per simular aquesta circulació. El senzill model de Ramis et al. (1990), amb les millores introduïdes en el Centre Meteorològic de les Balears, pel poc cost de computació, pot ser una eina útil per als predictors. El model més sofisticat utilitzat per Ramis i Romero (1995), molt car computacionalment parlant, ha mostrat per primera vegada l'estructura tridimensional de l'embat i ha donat a conèixer aspectes nous, com ara les petites circulacions ciclòniques que es desenvolupen i que, al final del dia, són importants en la circulació residual.

El coneixement que es té en aquests moments de l'embat a Mallorca fa pensar que l'illa és un laboratori natural per estudiar a fons els fenòmens físics que participen en el desenvolupament de circulacions locals, en particular per als fenòmens de capa fronterera. No estaria gens malament dissenyar una nova campanya experimental d'observació, aprofitant els actuals recursos tècnics, per arribar a un coneixement molt més profund de l'embat. Aquest experiment podria anomenar-se EMBATEX.

Referències

- ANTHES, R. A. (1978). «The height of the planetary boundary layer and the production of circulation in a sea-breeze models». *J. Atmos. Sci.*, 35, 1231-1239.
- BATES, J. R.; McDONALD, A. (1982). «Multiply-upstream, semilagrangian advective schemes: analysis and application to a multilevel primitive equations model». *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1831-1842.
- DEARDORFF, J. W. (1978). «Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation». *J. Geophys. Res.*, 83, 1889-1903.
- FONT TULLOT, I. (1983). *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología, 296 pàg. Madrid.
- GUIJARRO, J. A. (1985). *Bioclimatología de las Islas Baleares*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears.
- JANSÀ, J. M.; JAUME, E. (1946). «El régimen de brisas en la isla de Mallorca». *Rev. de Geofísica*, 19, 304-328.
- MAHFOUF, J. F.; RICHARD, E.; MASCART, P. (1987). «The influence of soil and vegetation on

the development of mesoscale circulations». *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 26, 1483-1495.

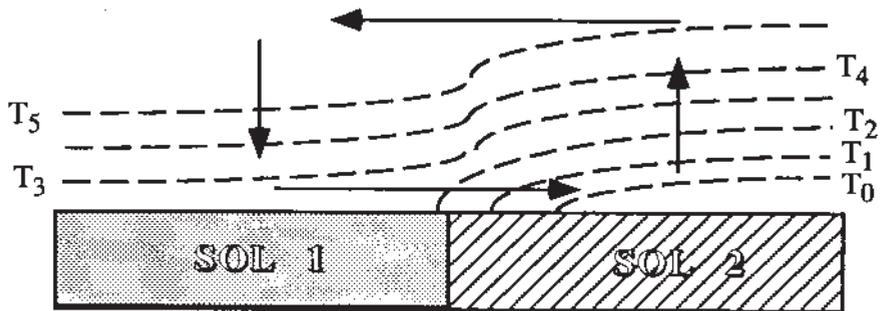


Fig. 1. Situació en la qual es desenvolupa l'embat.
 Les línies discontinües representen isotermes ($T_0 > T_1 > T_2 \dots$).

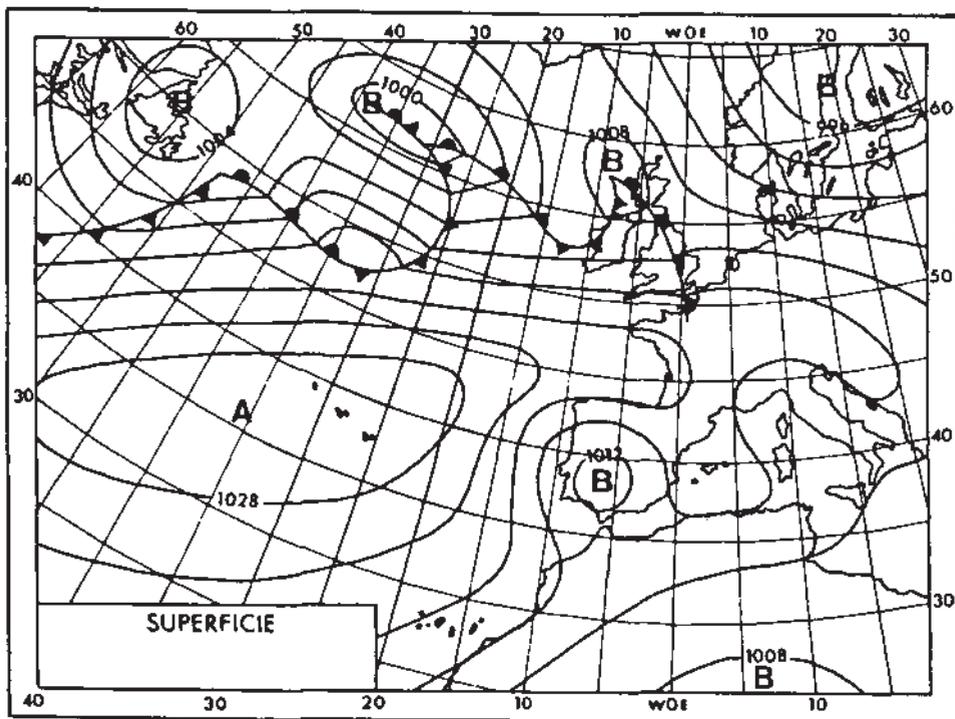


Fig. 2. Situació meteorològica clàssica a l'Europa i la Mediterrània occidental durant l'estiu
 (Font, 1983).

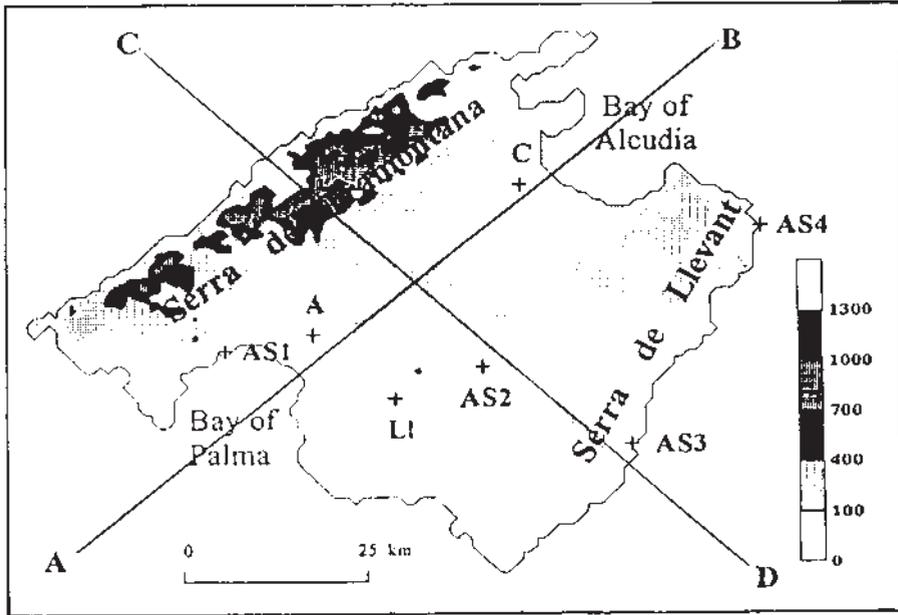


Fig. 3. L'illa de Mallorca. L'orografia i alguns indrets referenciats inclosos. ASn representen localitzacions d'estacions meteorològiques automàtiques, A representa l'aeroport, C representa sa Canova, Ll la ciutat de Lluçmajor. AB i CD indiquen les seccions verticals mostrades en el text (Ramis i Romero, 1995).

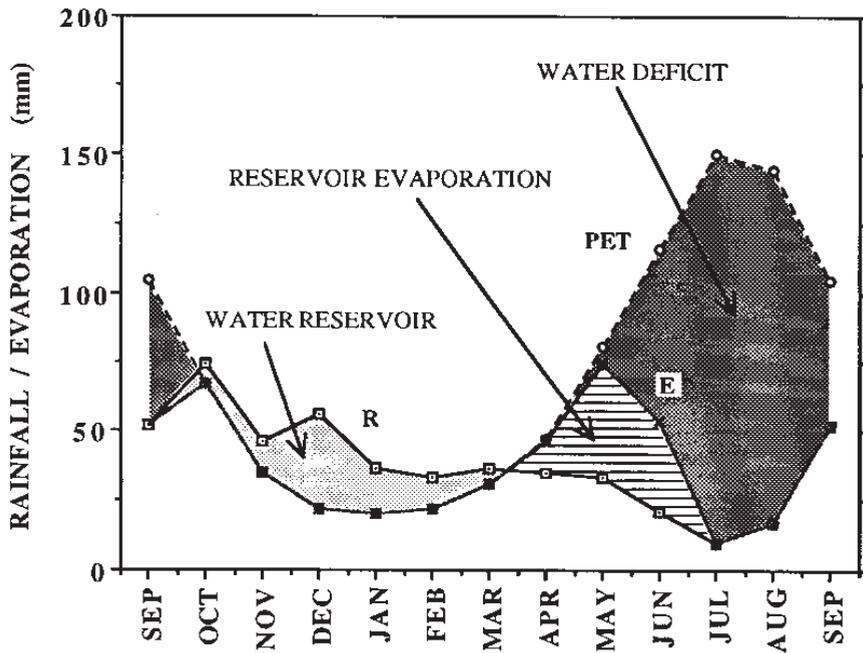


Fig. 4. Balanç hídric climàtic de Thornthwaite per a Lluçmajor. R = precipitació, E = evaporació, PET = evapotranspiració potencial (Ramis i Romero, 1995).

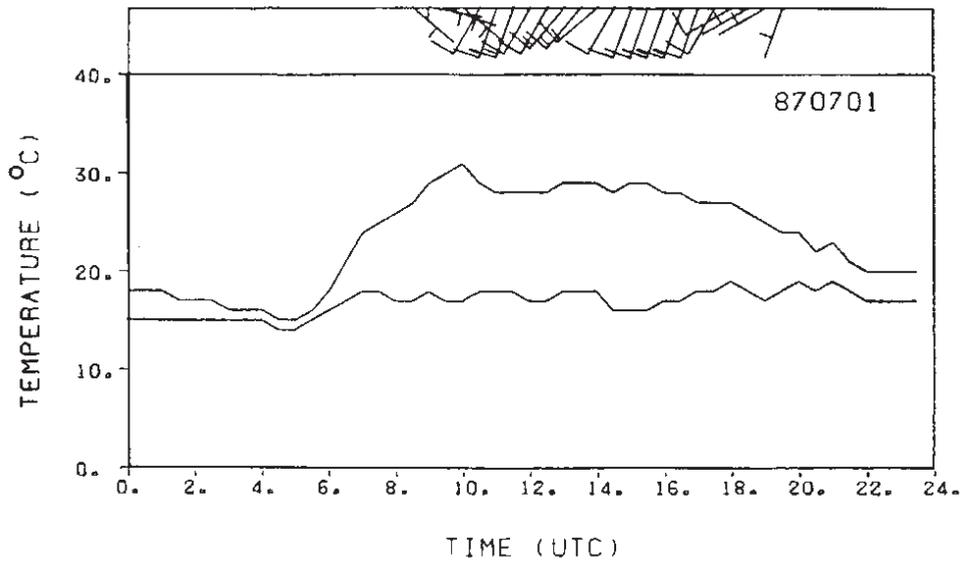


Fig. 5. Evolució del vent, la temperatura i la temperatura del punt de rosada a l'aeroport de Palma l'1 de juliol de 1987 (Ramis et al., 1990).

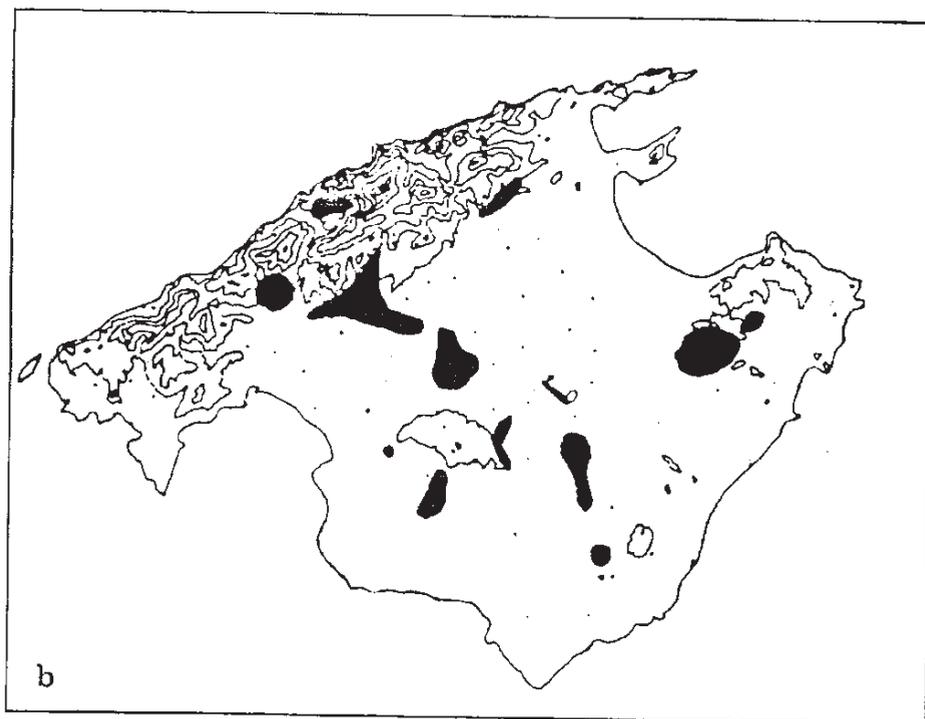
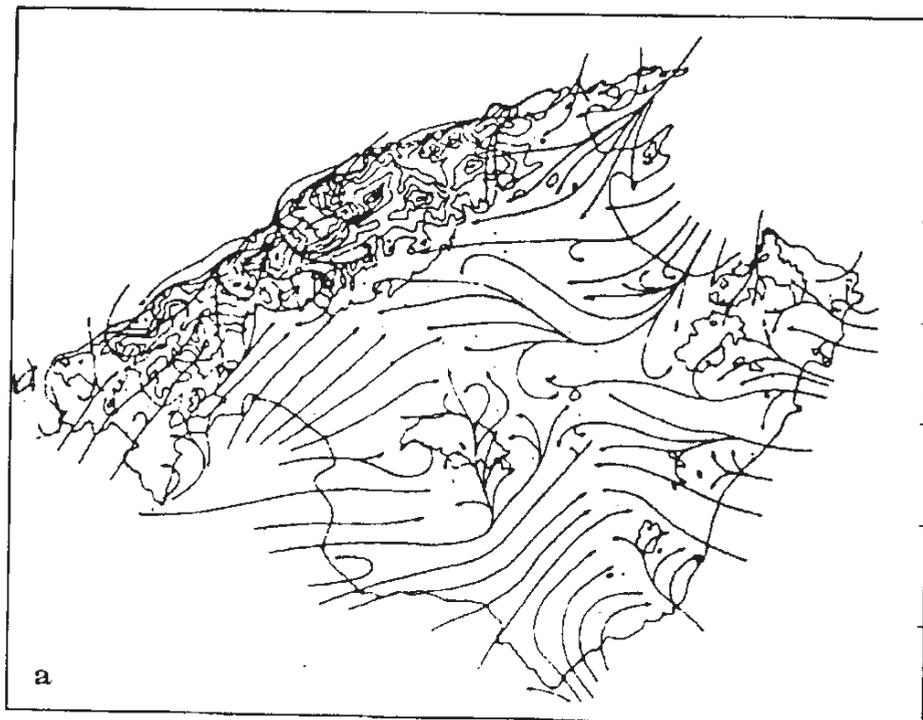


Fig. 6. a) Línies de corrent de l'embat madur a Mallorca; b) zones de convergència (Jansà i Jaume, 1946).

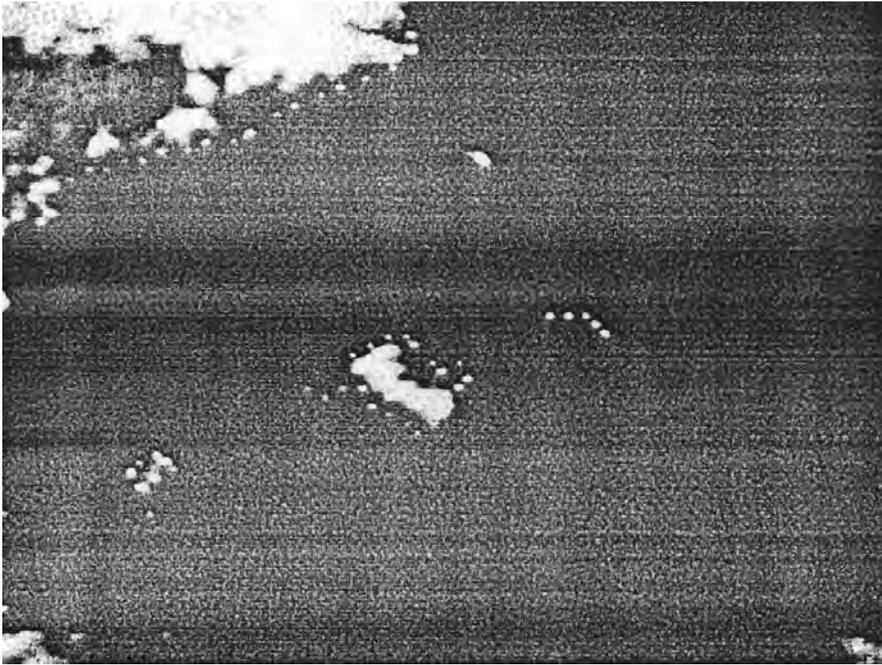


Fig. 7. Imatge Meteosat, canal VIS, de l'11 de maig de 1987 a les 1200 UTC (Ramis i Alonso, 1988).

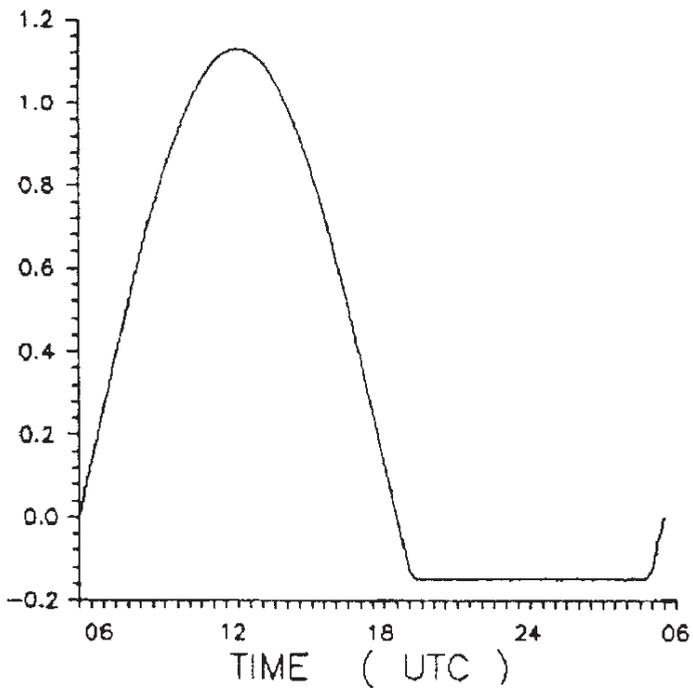


Fig. 8. La funció B(t) (Ramis et al., 1990).

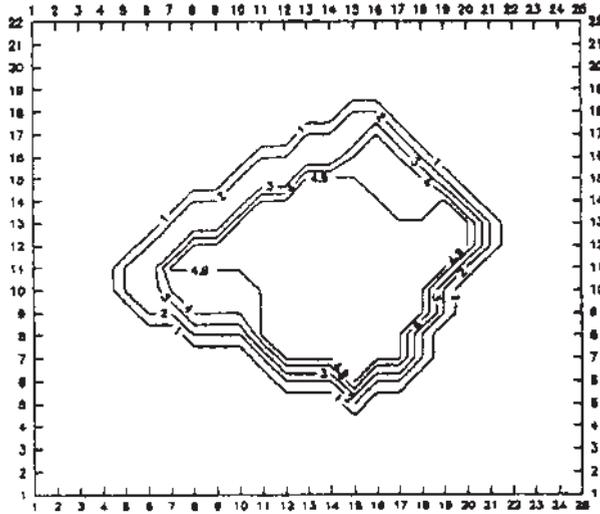


Fig. 9. Valors inicials de la funció $A(x,y,t)$ (Ramis et al., 1990).

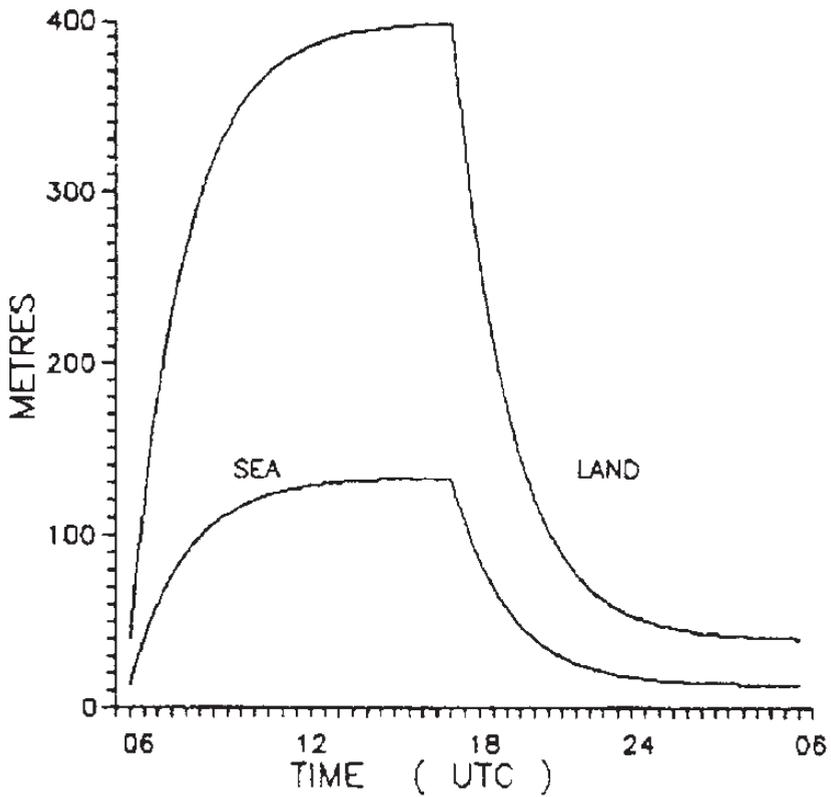


Fig. 10. Variació temporal de l'altura de la capa fronterera (Ramis et al., 1990).

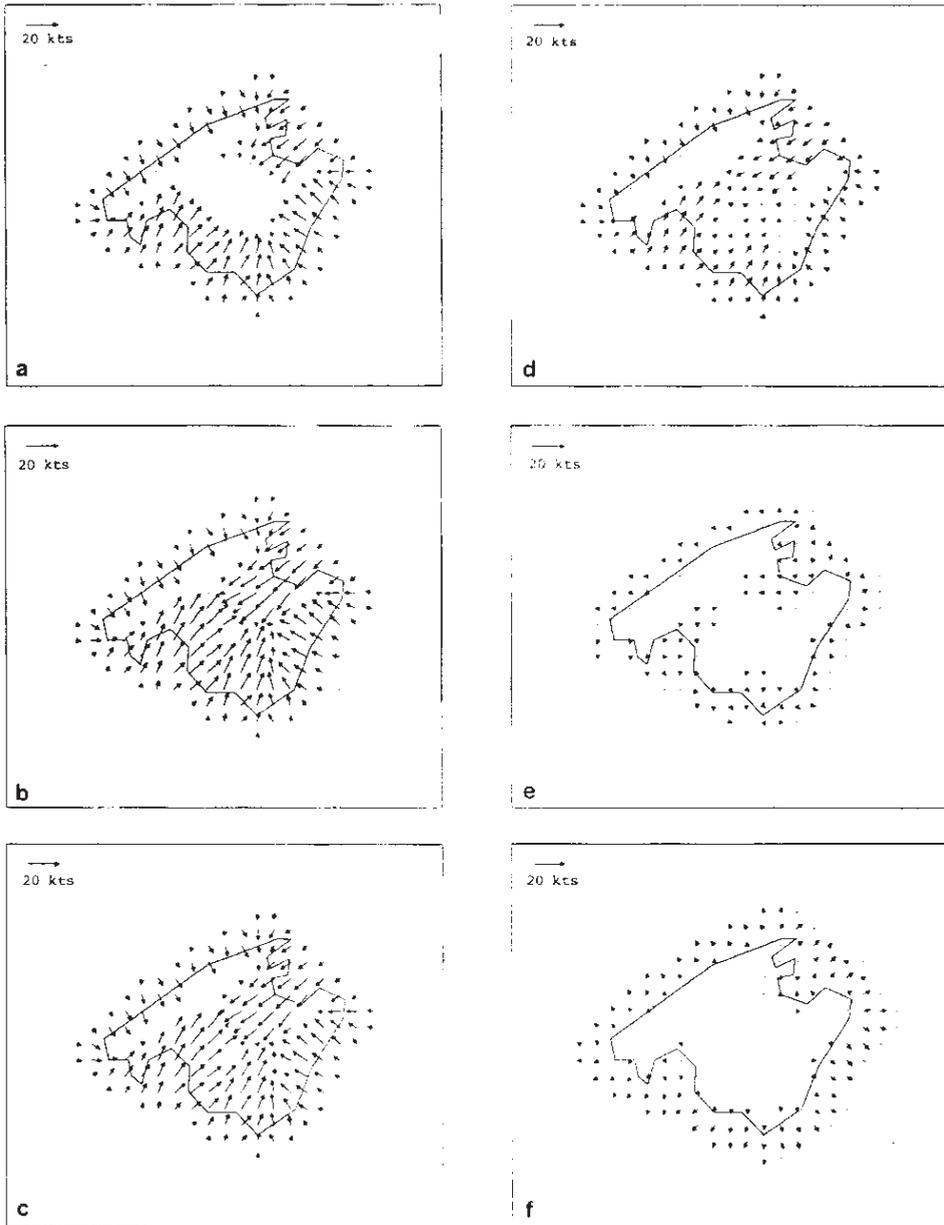


Fig. 11. Evolució diürna de l'embat segons la simulació de Ramis et al. (1990).
a) 0900 UTC, b) 1200 UTC, c) 1500 UTC, d) 1800 UTC, e) 2100 UTC i f) 2400 UTC.

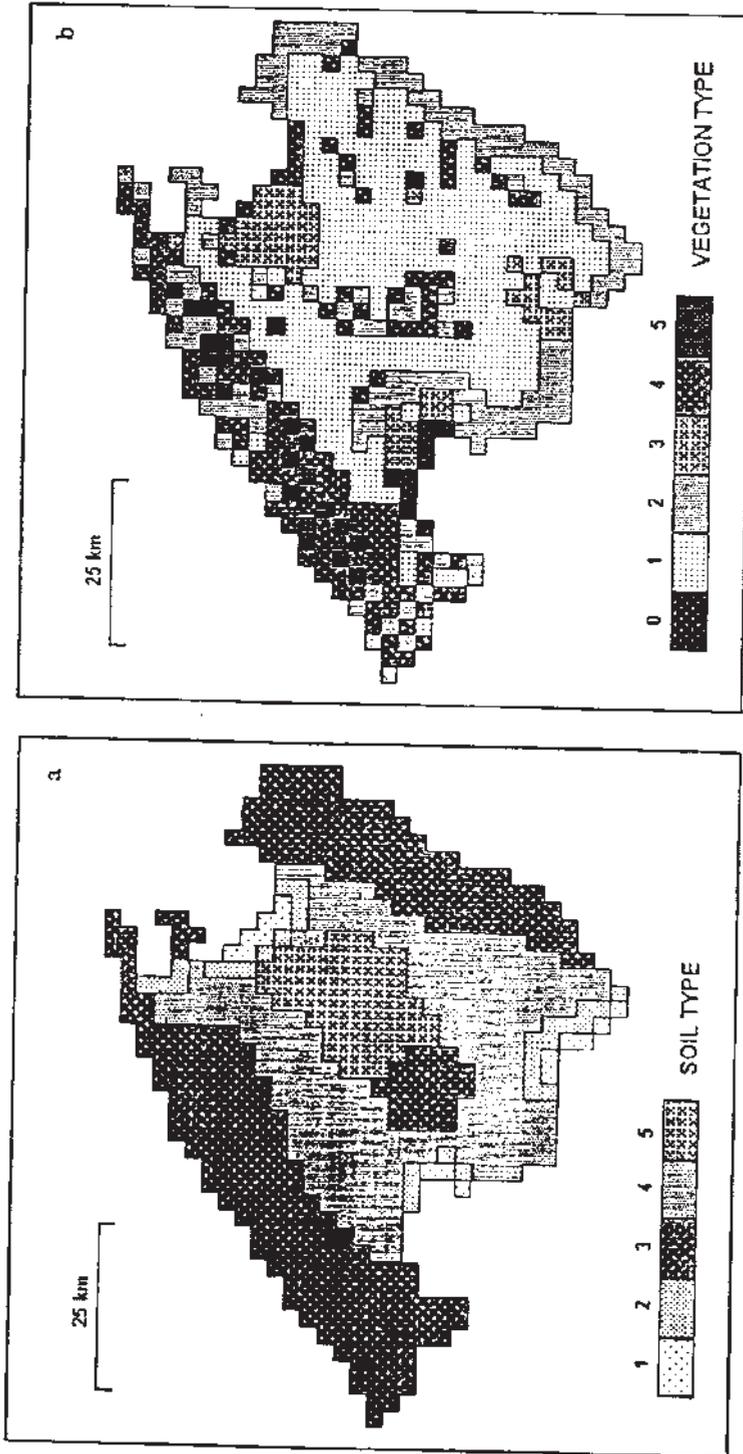


Fig. 12. a) Tipus de sòl considerats, 1 = arena, 2 = llim arenós, 3 = llim, 4 = llim argilós i 5 = argila.
b) Tipus de vegetació, 0 = nu, 1 = herbàcia, 2 = garriga, 3 = forratge, 4 = bosc i 5 = alzinar. (Ramis i Romero, 1995).

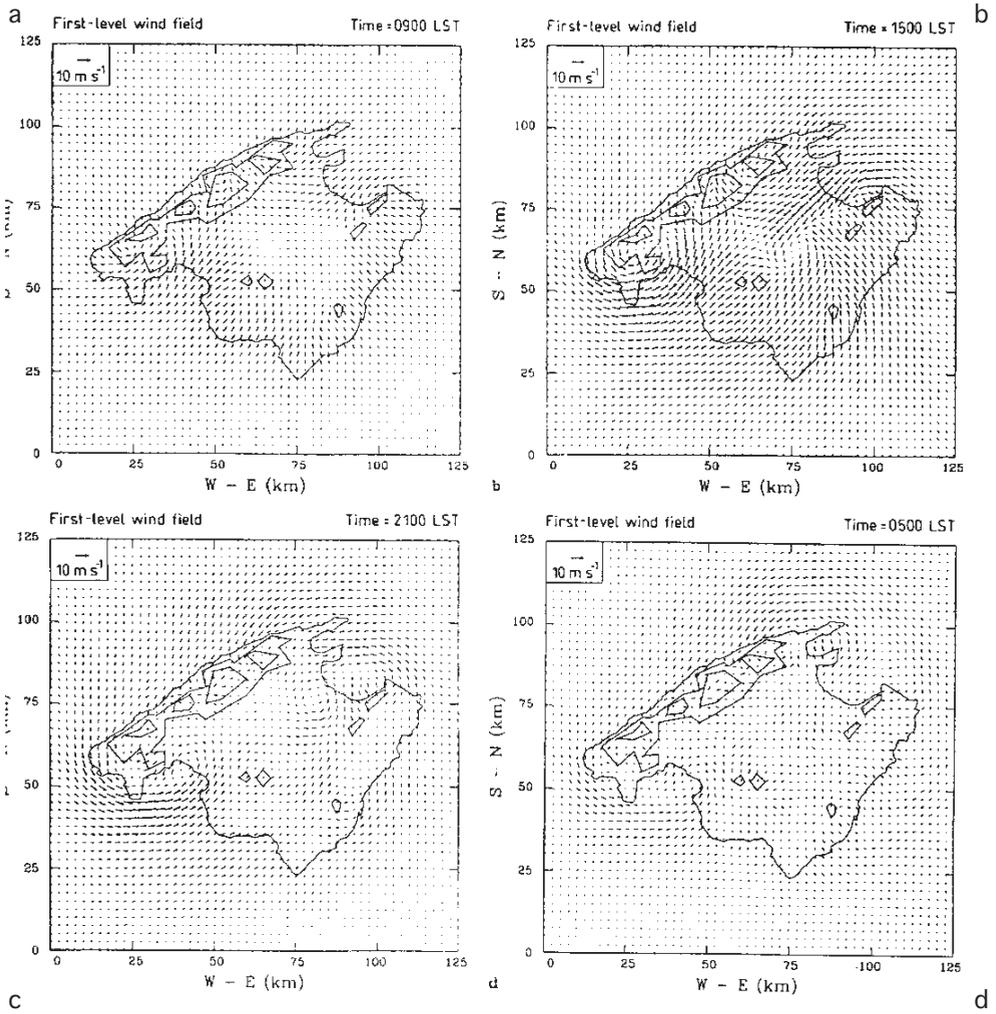


Fig. 13. Evolució diürna de l'embat segons la simulació de Ramis i Romero (1995).

a) 0900 UTC, b) 1500 UTC, c) 2100 UTC, i d) 0500 UTC.

A la figura es representen les corbes de nivell de 300 i 700 m.

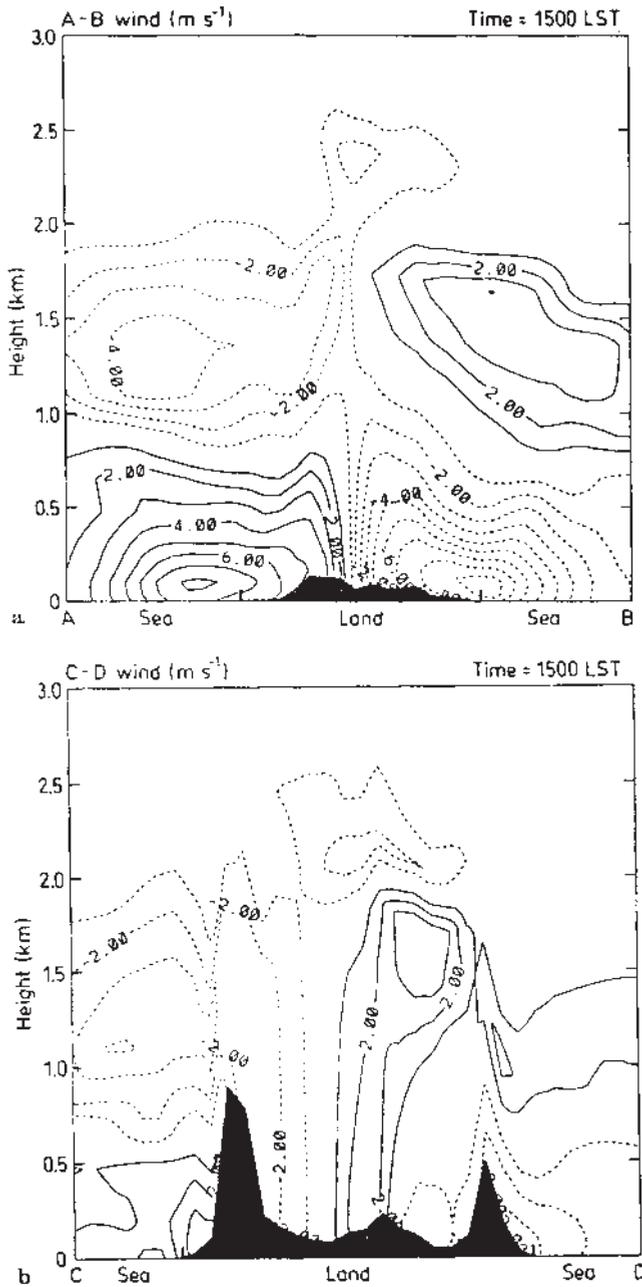


Fig. 14. Seccions verticals del component horitzontal del vent a les 1500 UTC:
 a) al llarg de AB (valors positius representen vents del sud-oest),
 b) al llarg de CD (valors positius representen vent del nord-oest) (Ramis i Romero, 1995).

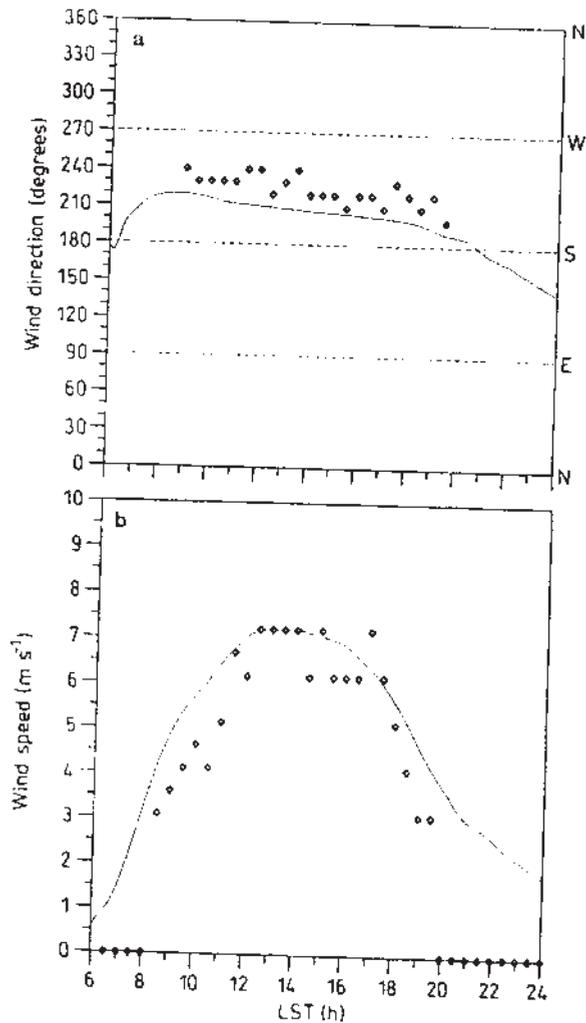


Fig. 15. Resultats del model (línia contínua) i observacions del vent a l'aeroport de Palma el 22 de juliol de 1993: a) direcció del vent i b) velocitat del vent. (Ramis i Romero, 1995).

**Evolució secular de
les precipitacions
estacionals a les
illes Balears**

Josep M. Raso Nadal
*Universitat de
Barcelona*

Territoris (1998), 1:
275-289

Evolució secular de les precipitacions estacionals a les illes Balears

Josep M. Raso Nadal
Universitat de Barcelona

Resum

L'anàlisi estadística de les més llargues sèries pluviomètriques estacionals enregistrades a les illes Balears mostra un decreixement de les precipitacions observades a la primavera, però no evidencia cap tendència significativa en l'evolució secular de les totalitzades a l'estiu, la tardor i l'hivern. L'alternança entre etapes de precipitacions estacionals relativament escasses o abundants no revela cap periodicitat.

Abstrat

Statistical analysis on the longest seasonal precipitation series registered in Balearic Islands shows a decrease in spring rainfall, but it does not indicate any secular trend with statistical significance in summer, autumn and winter rainfall. Alternative intervals between intervals of relatively low or high seasonal precipitation do not reveal any periodicity.

Recepció del manuscrit, febrer de 1997

Introducció

La manca d'una tendència estadísticament significativa de les precipitacions anuals a diferents sectors de la península Ibèrica i les illes Balears i l'alternança entre períodes en els quals predominen uns totals pluviomètrics relativament alts amb uns altres en els quals succeeix tot el contrari, o bé simplement s'enregistren quantitats més o menys similars a les respectives mitjanes seculars, han estat evidenciats en diferents treballs (Raso, 1993; Milián, 1996). Tot i que pugui semblar probable la generalització d'aquests trets en cadascuna de les estacions climàtiques, la seva constatació requereix noves anàlisis. El present treball, a més d'aquests objectius, pretén comprovar si l'alternança entre sèries d'anys caracteritzats per un predomini de les precipitacions estacionals relativament abundants o escasses s'ha succeït sincrònicament a les illes Balears en el període 1870-1990.

Característiques estadístiques

La constitució de les sèries pluviomètriques estacionals prèvia a la seva anàlisi estadística resulta de la simple addició de les precipitacions rebudes durant tot el mes en què hi ha l'inici de la corresponent estació en el sentit astronòmic i les enregistrades els dos següents. L'obtenció dels totals pluviomètrics d'hivern requereix sumar les quantitats de precipitació dipositades als pluviòmetres els dos primers mesos de cada any amb les del desembre precedent, mentre que les de primavera, estiu i tardor equivalen a la suma de les enregistrades respectivament els successius tres trimestres que poden formar-se a partir del mes de març. Les quantitats estacionals així calculades per a Maó i Palma, únics punts d'observació de les illes Balears que disposen de dades pluviomètriques mensuals des del 1870, comporten una comptabilització de les precipitacions de desembre en un any no coincident amb el civil, raó per la qual els totals anuals resultants de l'addició dels dotze valors mensuals difícilment coincidirà amb la suma dels al·ludits quatre totals estacionals.

De les diferents sèries pluviomètriques anuals i estacionals del període 1870-1990 disponibles per a Maó i Palma, només les de tardor d'ambdós observatoris no poden considerar-se homogènies, segons que pot deduir-se de l'aplicació de la prova d'Abbe. La possible manca d'homogeneïtat en únicament una de les quatre estacions climàtiques, justament la que rep les màximes precipitacions mitjanes, haurà de merèixer una especial atenció a l'hora de definir possibles tendències o evolucions cícliques. L'homogeneïtat de la resta de les sèries garanteix la bondat de les estimacions dels diferents paràmetres que recull la taula I.

Totes i cadascuna de les mitjanes aritmètiques calculades ultrapassen les respectives medianes, àdhuc la mitjana aritmètica anual de Maó, que un treball precedent elaborat a partir dels totals corresponents als anys civils d'un període similar xifra en un valor lleugerament inferior al de la mediana (Raso, *loc. cit.*) La proximitat, però, entre ambdues característiques estadístiques de centralitat suggereix el possible ajustament de les sèries pluviomètriques analitzades mitjançant distribucions *gaussianes*. Tanmateix, l'elevat valor dels coeficients d'asimetria i de *kurtosi* calculats per a les precipitacions d'estiu és indicatiu de tot el contrari per a aquesta estació. En efecte, l'aplicació de la prova de Kolmogorov a les diferents sèries estudiades només permet refusar l'ajustament amb distribucions normals de les dues corresponents a l'estiu, mentre que res no s'oposa a acceptar la bondat dels ajustaments, amb distribucions d'aquest mateix tipus assajats per a la resta de les precipitacions estacionals i anuals amb uns nivells de confiança superiors al 5%. En canvi, les al·ludides precipitacions d'estiu poden ajustar-se amb distribucions gamma.

Taula I. Paràmetres estadístics estimats a partir de les sèries pluviomètriques anuals i estacionals del període 1870-1990.

MAÓ					
	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN	ANY
Mitjana aritmètica	126,3 mm	47,1 mm	261,8 mm	183,8 mm	619,0 mm
Mediana	123,3 mm	42,8 mm	243,0 mm	174,7 mm	611,9 mm
Coefficient de variació	43,0%	80,4%	44,0%	40,3 mm	21,7%
Coefficient d'asimetria	0,2	1,5	0,9	0,7	0,1
Coefficient de <i>kurtosi</i>	-0,5	4,5	0,9	0,7	-0,3
Percentatge de les precipitacions anuals	20,4%	7,6%	42,3%	29,7%	100%
PALMA					
	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN	ANY
Mitjana aritmètica	104,7 mm	44,9 mm	185,6 mm	125,6 mm	460,8 mm
Mediana	100,9 mm	42,3 mm	172,7 mm	113,8 mm	457,1 mm
Coefficient de variació	50,2%	85,8%	40,1%	42,9%	25,4%
Coefficient d'asimetria	0,5	1,3	0,7	0,7	0,4
Coefficient de <i>kurtosi</i>	-0,5	1,3	1,0	0,6	0,6
Percentatge de les precipitacions anuals	22,7%	9,7%	40,3%	27,3%	100%

D'altra banda, cal destacar el contrast entre les màximes precipitacions mitjanes estacionals de tardor, que representen percentatges de les precipitacions anuals lleugerament superiors al 40%, i les d'estiu que no arriben al 10%, mentre les d'hivern s'acosten al 30% i les de primavera representen poc més del 20% en els dos punts d'observació estudiats. Les diferències entre les mitjanes pluviomètriques estacionals no reflecteixen tota la disparitat existent entre les precipitacions d'estiu i les enregistrades a les altres tres estacions. Els seus coeficients de variació dupliquen pràcticament els calculats per a cadascuna d'aquestes estacions i evidencien la gran variabilitat relativa de les precipitacions en l'estació més càlida de l'any, durant la qual l'arxipèlag Balear roman sota el predomini d'unes condicions sinòptiques relacionades amb les altes pressions subtropicals.

Tendències

Un dels trets més destacats que suggereix una primera anàlisi de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó i Palma a partir de l'any 1870 és justament la manca d'una clara tendència secular, creixent o decreixent. Així semblen evidenciar-ho les representacions gràfiques de les sèries pluviomètriques enregistrades cadascuna de les quatre estacions climàtiques a tots dos punts d'observació (Fig. 1 i 2). Per tal de facilitar la

comparació de la variabilitat i l'evolució relativa de les precipitacions en les diferents estacions, aquestes sèries estan expressades mitjançant els seus valors tipificats respecte a la mitjana i la dispersió típica calculades per al període 1961-1990. Les lleugeres inclinacions de les rectes de tendència representades en aquests gràfics poden considerar-se fruit de l'atzar, ja que els coeficients de correlació entre els totals estacionals i els corresponents números ordinals dels anys en els quals han estat enregistrats en el període 1870-1990 representen, tots, valors propers a zero i manquen de significació estadística. Tanmateix, coeficients similars als precedents, però calculats no a partir dels valors observats cadascun dels anys, sinó de diferents sèries de mitjanes mòbils, suggereixen l'existència de possibles tendències. Així els obtinguts per a les sèries de mitjanes mòbils centrades cada onze anys assoleixen els valors següents:

	MAÓ	PALMA
Primavera	— 0,26	— 0,40
Estiu	— 0,13	— 0,19
Tardor	— 0,06	— 0,21
Hivern	+ 0,41	— 0,59

i, d'acord amb el mesurament d'aquestes sèries, poden considerar-se significatius, amb un nivell de confiança del 95%, els coeficients de valor absolut igual o superior a 0,19. La significació estadística i la coincidència en el signe dels coeficients assenyalats per a la primavera en els dos punts d'observació pot considerar-se l'índex d'una tendència decreixent de les precipitacions en aquesta estació a les illes Balears. En canvi, la quasi coincidència amb l'al·ludit límit de significació dels coeficients d'estiu i tardor calculats per a Palma i la inferior quantia dels corresponents a Maó, per més que tots siguin negatius, difícilment podrien justificar la hipòtesi d'una tendència decreixent de les precipitacions en aquestes dues estacions. Més difícil resulta explicar el contrast entre els coeficients d'hivern, estadísticament significatius, però de signe contrari, obtinguts per les dues ciutats balears, ja que les diferències quant als factors que en condicionen el clima semblen insuficients per explicar una tendència netament contrària en l'evolució secular de les precipitacions estacionals.

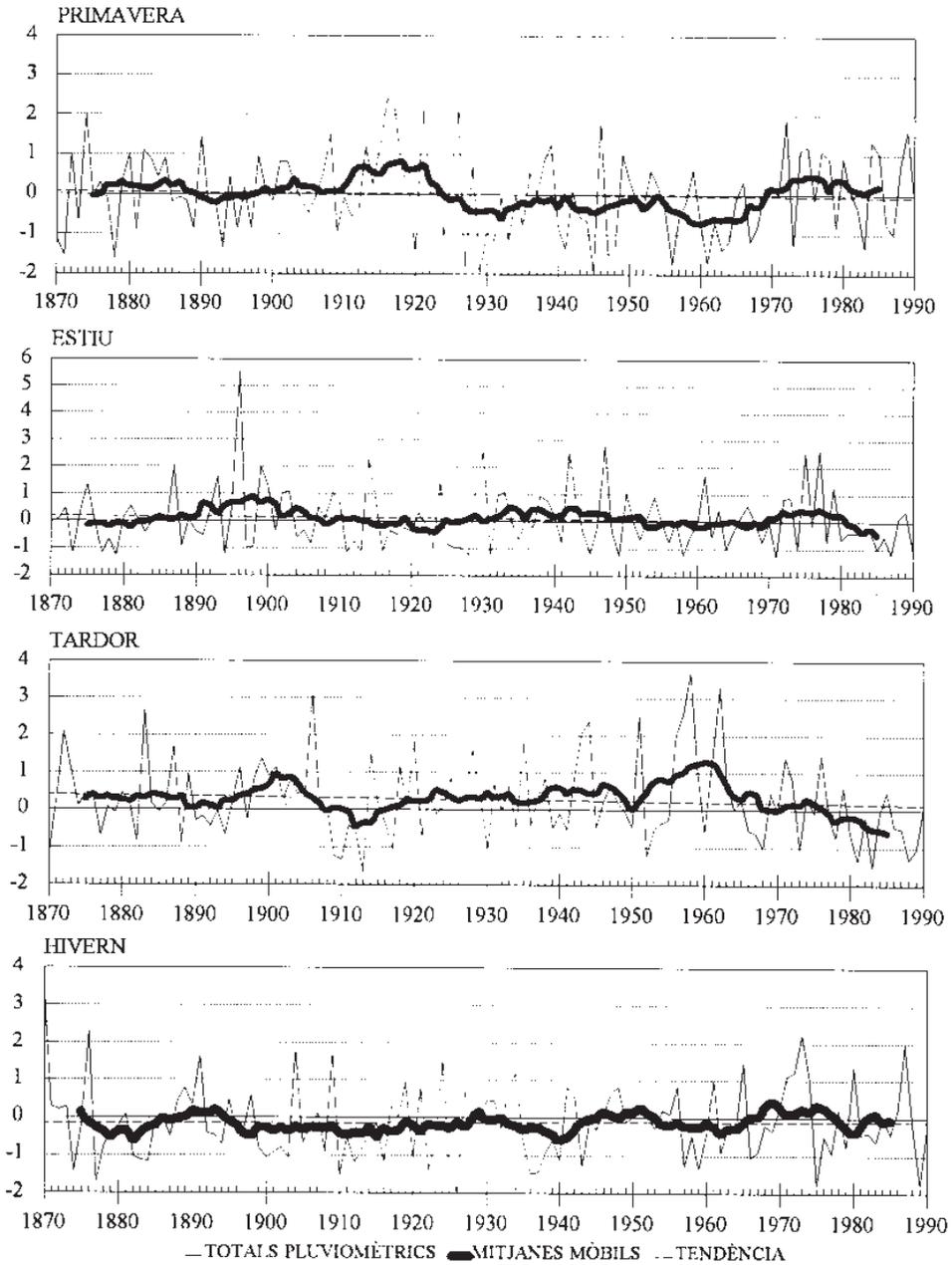


Fig. 1. Evolució de les precipitacions estacionals a Maó entre 1870 i 1990. Els totals pluviomètrics estan expressats mitjançant els corresponents valors tipificats respecte al període 1961-1990.

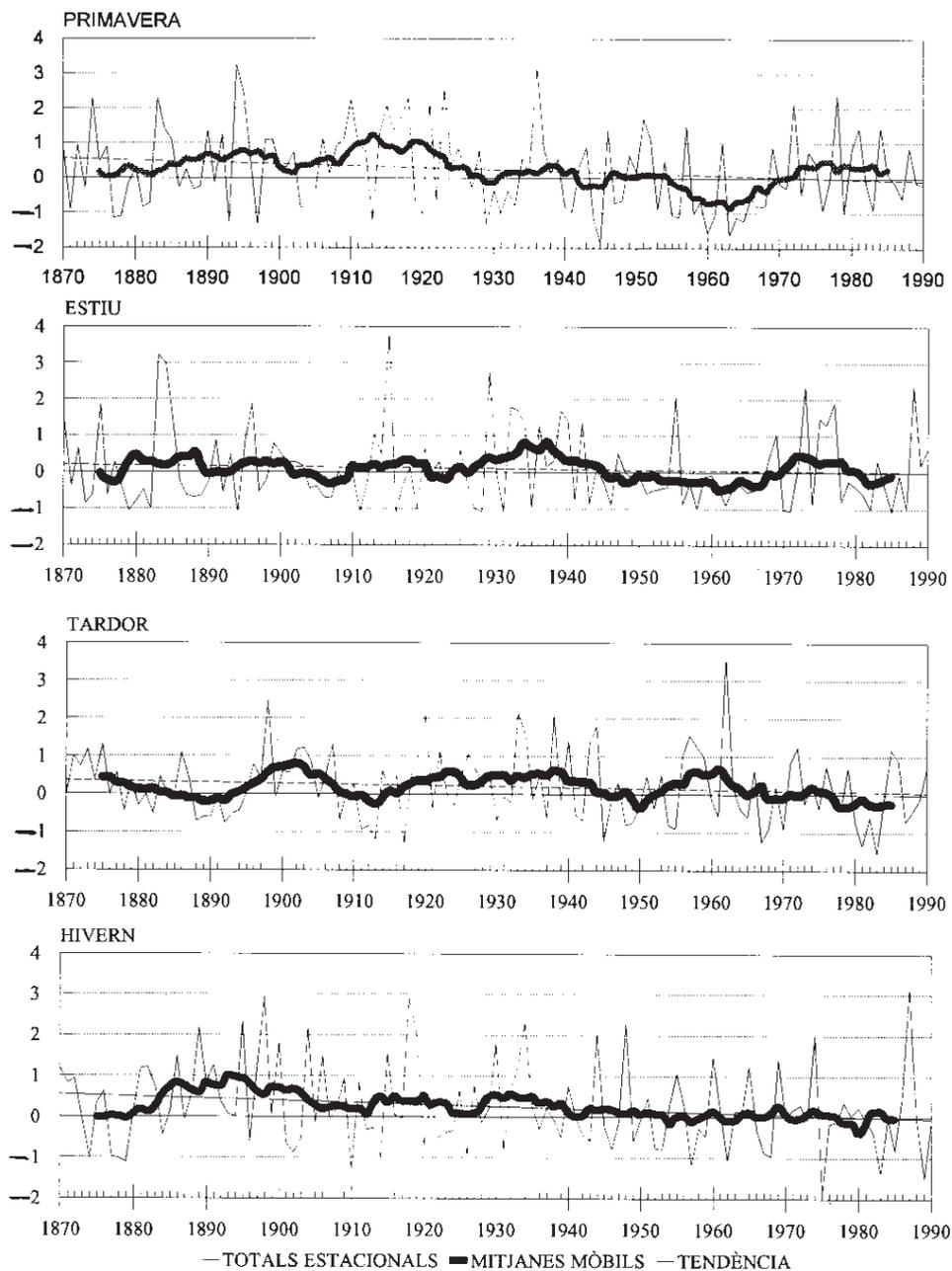


Fig. 2. Evolució de les precipitacions estacionals a Palma entre 1870 i 1990. Els totals pluviomètrics estan expressats mitjançant els corresponents valors tipificats respecte al període 1961-1990.

Les mitjanes aritmètiques de cadascuna de les estacions calculades per als quatre trentennis successius establerts a partir de l'any 1871 (Taula II) són conformes amb la manca de tendència de les sèries pluviomètriques analitzades. En efecte, el contrast estadístic entre les mitjanes de cada estació permet comprovar que només poden considerar-se significatives, amb un nivell de confiança del 95%, les diferències entre les dels trentennis 1901-1931 i 1931-1960 obtingudes per a Maó i entre, primerament, les dels trentennis 1871-1900 i 1961-1990 i, en segon lloc, les del trentenni 1901-1930 i les dels dos següents corresponents a Palma i a la mateixa primavera. Aquestes diferències són indicatives d'una moderada tendència decreixent de les precipitacions de primavera limitada als dos primers trentennis del segle XX.

Taula II. Mitjanes aritmètiques de les precipitacions estacionals calculades per a diferents períodes de trenta anys.

MAÓ

PERÍODE	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN
1871-1990	128,6 mm	52,1 mm	271,4 mm	180,8 mm
1901-1930	140,3 mm	44,6 mm	255,1 mm	171,5 mm
1931-1961	111,0 mm	50,3 mm	287,7 mm	182,3 mm
1961-1960	126,1 mm	44,3 mm	232,6 mm	194,0 mm

PALMA

PERÍODE	PRIMAVERA	ESTIU	TARDOR	HIVERN
1871-1990	112,9 mm	47,0 mm	187,8 mm	140,6 mm
1901-1930	119,3 mm	42,3 mm	192,2 mm	126,3 mm
1931-1961	91,5 mm	46,4 mm	191,5 mm	124,5 mm
1961-1960	93,6 mm	41,6 mm	168,9 mm	112,1 mm

Les diferències entre les mitjanes aritmètiques calculades per a l'estiu, la tardor i l'hivern són relativament inferiors a les existents entre les mitjanes de primavera i romanen lluny d'assolir significació estadística amb un nivell de confiança del 95%, la qual cosa és conforme amb la, més que hipotètica, possible inexistència d'una tendència secular, creixent o decreixent, de les precipitacions estacionals d'estiu, tardor i hivern, tant a Maó com a Palma, i, probablement, al conjunt de l'arxipèlag Balear.

Variabilitat interanual

La variabilitat de les precipitacions, tot i constituir-ne un dels trets més característics, no sol manifestar-se ni com un fenomen estrictament aleatori, ni com un esdeveniment clarament cíclic. És freqüent, en canvi, l'alternança entre unes etapes en les quals predominen els totals pluviomètrics anuals o estacionals relativament alts i unes altres en les quals, o bé són més freqüents els totals relativament baixos, o bé prevalen els

de quantia similar a les respectives mitjanes aritmètiques. Per tal de comprovar si existeix alguna correspondència en la successió d'aquestes etapes en les quatre estacions, han estat calculats els coeficients de correlació entre les diferents sèries pluviomètriques estacionals de cada punt d'observació a partir, primerament, de les quantitats enregistrades a cada estació durant el període analitzat i, en segon lloc, de les mitjanes mòbils centrades cada onze anys. D'entre els primers d'aquests coeficients (Taula III.A), només pot considerar-se significatiu, amb un nivell de confiança del 95%, el de signe positiu obtingut entre les sèries de primavera i estiu de Palma.

En canvi, el nombre de coeficients significatius entre els calculats a partir de les mitjanes mòbils (Taula III.B), és a dir, tots els de valor absolut igual o superior a 0,18, és equivalent al dels no significatius amb l'esmentat nivell de confiança del 95%. Tanmateix, només esdevenen significatius als dos observatoris analitzats els de signe negatiu obtinguts a partir de les sèries de mitjanes mòbils de primavera i tardor. Els valors d'aquests coeficients suggereixen contrastos entre les precipitacions totalitzades en aquestes dues estacions, almenys pel que fa referència a determinats períodes o sèries d'anys successius en els quals o bé és freqüent l'assoliment de totals pluviomètrics relativament elevats durant els mesos de primavera, mentre que les precipitacions enregistrades els mesos de tardor se xifren en quantitats relativament baixes, o bé succeeix justament tot el contrari; és a dir, una més gran freqüència de primaveres relativament seques i de tardors plujoses.

Els coeficients de correlació significatius i de signe positiu entre les mitjanes pluviomètriques d'hivern i de primavera, i entre els d'aquesta darrera estació i els d'estiu calculats per a Palma són indicatius d'una certa similitud en l'evolució de les precipitacions en aquestes tres estacions que la manca de significació dels coeficients corresponents a Maó impedeix fer extensiva al seu observatori. Àdhuc cal assenyalar que el coeficient de correlació entre les mitjanes mòbils de les precipitacions de primavera i hivern d'aquesta última ciutat és lleugerament significatiu, però de signe contrari al de l'obtingut per a la capital de l'arxipèlag a partir de les sèries corresponents a les mateixes estacions.

Finalment, la proximitat a zero dels coeficients de correlació entre les sèries pluviomètriques d'estiu i tardor i entre les de tardor i hivern, calculats per als dos punts d'observació analitzats, impedeix establir qualsevol dependència en l'evolució de les precipitacions de tardor i les de les estacions respectivament anterior i posterior.

Taula III: Coeficients de correlació entre les precipitacions estacionals observades a Maó i Palma entre els anys 1870 i 1990, calculats a partir: A) Dels totals enregistrats cada any.
B) De les mitjanes mòbils centrades cada onze anys.

A)									
MAÓ									
	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	
PRIMAV	-	-0,04	-0,10	-0,10	-	0,23	-0,05	0,09	
ESTIU	-0,04	-	0,04	0,01	0,23	-	0,01	0,04	
TARDOR	-0,10	0,04	-	-0,12	-0,05	0,01	-	-0,08	
HIVERN	-0,10	0,01	-0,12	-	0,09	0,04	-0,08	-	

B)									
MAÓ									
	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	PRIMAV	ESTIU	TARDOR	HIVERN	
PRIMAV	-	-0,08	-0,55	-0,21	-	0,34	-0,25	0,45	
ESTIU	-0,08	-	0,10	0,05	0,34	-	0,06	0,36	
TARDOR	-0,55	0,10	-	-0,11	-0,25	0,06	-	0,07	
HIVERN	-0,21	0,05	-0,11	-	0,45	0,36	0,07	-	

La correlació de signe negatiu entre les precipitacions de primavera i tardor no és el resultat d'una evolució secular sempre diferent. En efecte, els anteriorment al·ludits gràfics de les figures 1 i 2, i particularment les corbes representatives de les mitjanes mòbils estacionals, mostren com l'etapa en la qual les precipitacions totalitzades els mesos de primavera foren predominantment més elevades, situada entre aproximadament els anys 1910 i 1920, coincidí amb una fase de precipitacions relativament minses o poc abundants durant els mesos de tardor. En canvi, entre començament de la segona meitat de l'actual segle i finals del decenni 1960-1970, hi hagué una sèrie d'anys en els quals les precipitacions totalitzades a la primavera foren generalment més pobres que qualsevol altra època dintre dels 121 anys analitzats, mentre que la corba representativa de les mitjanes mòbils de tardor definia un màxim a l'entorn de l'any 1960. A més d'aquestes dues èpoques de màxim contrast en l'evolució de les precipitacions de primavera i tardor, les corbes representatives de les mitjanes mòbils descriuen alternatives sèries d'anys de notable contraposició en el predomini de les precipitacions relativament elevades o minses en una o altra estació. Així, durant els darrers anys del segle XIX i els primers de l'actual centúria predominaren les tardors plujoses, tant a Maó com a Palma, mentre les primaveres rebien unes precipitacions només moderades. Els gràfics d'aquesta última ciutat descriuen prèviament un episodi de precipitacions discretament elevades a la primavera i febles a la tardor entre els anys 1890 i principis del decenni 1890-1900.

D'altra banda, les mateixes corbes representatives de les mitjanes mòbils mostren que, entre 1920 i 1930 aproximadament, predominaren les precipitacions discretament superiors a les mitjanes del període 1961-1990 a la tardor i les de quantia inferior a la primavera. En canvi, a partir de 1970, succeeix tot el contrari, els totals pluviomètrics de primavera assoleixen valors generalment superiors i els de tardor inferiors.

Els gràfics de les esmentades figures 1 i 2, representatius de l'evolució de les precipitacions a l'estiu i l'hivern, no defineixen la successió d'etapes caracteritzades pel predomini de precipitacions superiors o inferiors a les mitjanes tan ostensibles com les al·ludides i definides pels respectius gràfics de primavera i tardor, sobretot a Maó. Tanmateix, és possible comprovar que la corba representativa de les mitjanes mòbils d'estiu de totes dues ciutats mostren tres màxims apreciables, el primer dels quals s'esdevingué els últims anys del segle XIX; el de Maó fou més destacat que el de Palma, però limitat al decenni 1890-1900. Els altres dos màxims se situen aproximadament entre els anys 1930 i 1940 i entre 1970 i 1980, respectivament. També insinuen dos mínims, esdevingut un el primer decenni de l'actual centúria a Palma i al voltant de l'any 1920 a Maó i l'altre, escassament perceptible al gràfic d'aquesta ciutat i més notori a Palma, entre 1950 i 1970.

Finalment, les mitjanes mòbils d'estiu mostren l'existència a Maó de tres mínims breus i escassament destacats, esdevinguts a l'entorn dels anys 1880, 1940 i 1960, respectivament, i de tres màxims de característiques relativament similars, cadascun dels quals ocorreguts justament a continuació d'un dels mínims precedents. En canvi, el gràfic de Palma evidencia un màxim ostensible que comprèn els dos darrers decennis del segle XIX, i una evolució poc contrastada, però moderadament descendent, la resta del període estudiat.

A grans trets, pot assenyalar-se que les corbes representatives de les mitjanes mòbils estacionals no evidencien una evolució secular de les precipitacions totalitzades els mesos d'hivern aproximadament similar a Maó i Palma, sobretot pel que fa a l'alternança entre màxims i mínims, com la definida per les corbes representatives de les precipitacions totalitzades a la primavera i la tardor i, encara que d'una manera menys ostensible, a l'estiu.

La manca de periodicitat

Per tal de comprovar si l'alternança entre períodes de pluviometria estacional més o menys contrastada que suggereixen les corbes representatives de les mitjanes mòbils és la manifestació d'una evolució cíclica o ritme pluviomètric, susceptible d'establir previsions a curt o llarg termini, han estat calculats els coeficients d'autocorrelació o correlació de les sèries amb si mateixes per a successius desfases temporals, fins un total de 24. Els autocorrelogrames elaborats a partir de tots aquests coeficients per a Maó (Fig. 3) i Palma (Fig. 4) mostren clarament que els seus valors, representats en forma de barres, en general, no ultrapassen els límits de significació del 95% assenyalats als mateixos gràfics.

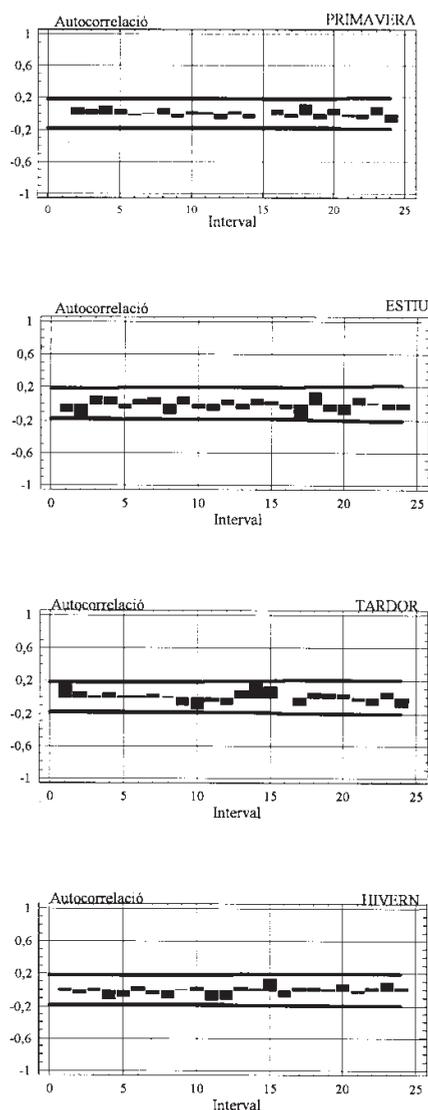


Fig. 3. Autocorrelogrames de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó.

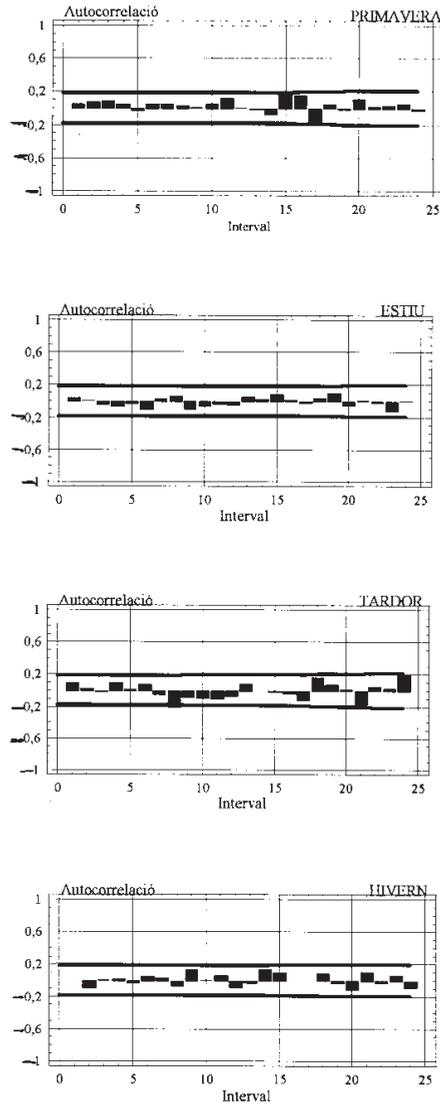


Fig. 4. Autocorrelogrames de les precipitacions estacionals enregistrades a Palma.

La manca de tot indicatiu d'autocorrelació significativa és particularment evident a l'hivern, ja que cap de les barres representatives dels coeficients d'autocorrelació obtinguts per als dos punts d'observació analitzats no sobrepassa ni tan sols assoleix el límit de significació al·ludit. Un aspecte semblant ofereix l'autocorrelograma representatiu dels coeficients de primavera traçat per a Maó, mentre que el corresponent a Palma mostra com els coeficients de quinzè, setzè i dissetè ordre s'atansen als límits de significació, sense, però, abastar-los realment. En canvi, l'autocorrelograma d'estiu d'aquesta última ciutat descarta clarament tota significació dels coeficients que representa, mentre que el de Maó permet considerar com a significatius el de segon i dissetè ordre.

Finalment, els gràfics de tardor reflecteixen l'existència de coeficients d'autocorrelació significatius entre els procedents tant de la respectiva sèrie pluviomètrica estacional de Maó com de la de Palma, però de diferent grau els corresponents a un i altre punt d'observació. Així, poden considerar-se significatius els coeficients de primer i de catorzè grau calculats per a Maó i el de vuitè grau obtingut per a Palma, i quasi mereixen la mateixa consideració els de divuitè i vint-i-quatrè ordre d'aquesta ciutat.

Els autocorrelogrames no reflecteixen, en definitiva, comportaments clarament periòdics de les precipitacions estacionals, ja que cap de les barres representatives dels respectius coeficients d'autocorrelació ultrapassen ostensiblement els límits de significació. Això no obstant, i per tal de comprovar si aquells que quasi hi coincideixen o superen lleugerament aquests límits, són indicatius d'una evolució periòdica, s'ha efectuat una anàlisi harmònica de les sèries analitzades. Els resultats d'aquesta anàlisi no permeten definir cicles significatius. És per això que la significació dels al·ludits coeficients d'autocorrelació sembla ser més fruit de l'atzar que la imatge d'una evolució secular periòdica i susceptible de facilitar l'establiment de prediccions probabilístiques.

Conclusió

L'anàlisi directa de les precipitacions estacionals enregistrades a Maó i Palma durant 121 anys no reflecteix l'existència de cap mena de tendència significativa en la seva evolució secular.

Tampoc les anàlisis realitzades a partir de les mitjanes mòbils centrades cada onze anys, obtingudes a partir d'aquestes mateixes sèries, no evidencien cap increment o disminució de les precipitacions d'estiu, tardor i hivern. En canvi, permeten definir una evolució decreixent de les precipitacions de primavera, particularment apreciable durant els dos primers trentennis del present segle.

D'altra banda, sembla prou evident l'aparició de determinats trets de signe contrari en l'evolució de les precipitacions de primavera i de tardor, respectivament, de manera que les sèries d'anys o etapes de primaveres predominantment seques durant el període analitzat han coincidit amb tardors relativament plujoses, mentre que els episodis caracteritzats per l'assoliment en anys successius de precipitacions generalment elevades a la primavera solen coincidir amb l'enregistrament de totals pluviomètrics poc abundants a la tardor.

Els coeficients d'autocorrelació i l'anàlisi espectral de les diferents sèries pluviomètriques estacionals no permeten definir una periodicitat significativa en l'alternança entre etapes caracteritzades per un predomini de les precipitacions poc o molt abundants i, en conseqüència, l'establiment de previsions probabilístiques.

Agraïment

Les dades utilitzades en l'elaboració del present treball foren facilitades molt amablement per l'Institut Nacional de Meteorologia, institució a la qual devem el nostre més sincer agraïment i estima.

Referències

- MILIÁN, T. (1996). *Variaciones seculares de las precipitaciones en España*. Tesis doctoral inèdita. Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Universitat de Barcelona.
- RASO, J. M. (1993). «Evolución de las precipitaciones anuales en España desde 1870». *Notes de Geografia Física*, 22, 7-24.

**La pluviometría
en las comarcas
catalanas
próximas al mar**

Luis Vázquez
*Instituto Nacional de
Meteorología*

Territoris (1998), 1:
291-309

La pluviometría en las comarcas catalanas proximas al mar

Luis Vázquez

Instituto Nacional de Meteorología

Resumen

Desde un punto de vista dinámico la región mediterranea es una zona de transición entre Europa, que queda bajo la influencia de los Oestes, de la Circulación General Atmosférica, durante la mayor parte del año y el Norte de Africa, con predominio de la aridez y los desiertos y bajo la influencia de cinturón de altas subtropicales.

La precipitación sobre este área es muy irregular y muestra gran variabilidad espacial y temporal.

En un territorio tan reducido como la franja costera catalana, hemos identificado un conjunto de distribuciones de precipitación para los meses de otoño, en el periodo 1961-1990.

Abstract

From a dynamical standpoint the Mediterranean region forms a transitional zone between Europe, highly influenced by the Westerlies during the whole year, and the deserts of North Africa, which lie within the arid zone of the subtropical high-pressure belt.

The precipitation over this area is very irregular and shows high spatial and temporal variability.

In a territory as small as the catalan coast (Catalunya), a set of precipitation distributions have been identified during the autumn months of 1961-1990.

Recepción del manuscrito, enero de 1997

Introducción

Si bien el clima de la franja costera de la Cuenca Occidental del Mediterraneo se puede considerar específicamente caracterizado en las principales clasificaciones climáticas del mundo, precisamente según un prototipo que lleva su propio nombre marítimo (el subtipo Cs de Köppen), quizás sea la alta variabilidad de la precipitación mensual interanual lo que hace más compleja y delicada la interpretación y la gestión de los recursos hídricos de esta región geográfica.

Recogemos aquí palabras de D. J.M^a Jansà en su *Curso de Climatología*: «El tipo C es el tipo de la variedad; mejor aún, de la diversidad, y como esta diversidad se manifiesta sobre todo en el régimen pluviométrico, conviene empezar por él» (pág. 348). «... ahora estamos en el dominio de la irregular regularidad; la variabilidad de los elementos es mucho menor (que en los tipos A y B), pero lo periodico brota sólo como un producto estadístico... Hay que reconocer que esta diversidad tiene raíces profundas, ya que las

distintas comarcas clasificadas bajo el epigrafe común de clima de tipo C no constituyen un conjunto físicamente homogéneo con mayores diferencias si cabe, que las existentes entre el desierto cálido y el desierto frío». (pág 349).

Sirva la modesta contribución de este estudio como homenaje a quien por su actitud humana, científica y profesional, continua siendo un referente y en particular para aquellos que se interesan, viven, disfrutan y sufren las peculiaridades de Mediterraneo.

Localizandonos en Cataluña, se puede destacar el gran contraste de precipitaciones entre unos años y otros, entre la sequedad de unos años y la elevada pluviometría de otros, aún refiriendonos a un mismo mes. Estas variabilidad y disparidad son tanto mayores cuanto más nos aproximamos al mar, como criterio general.

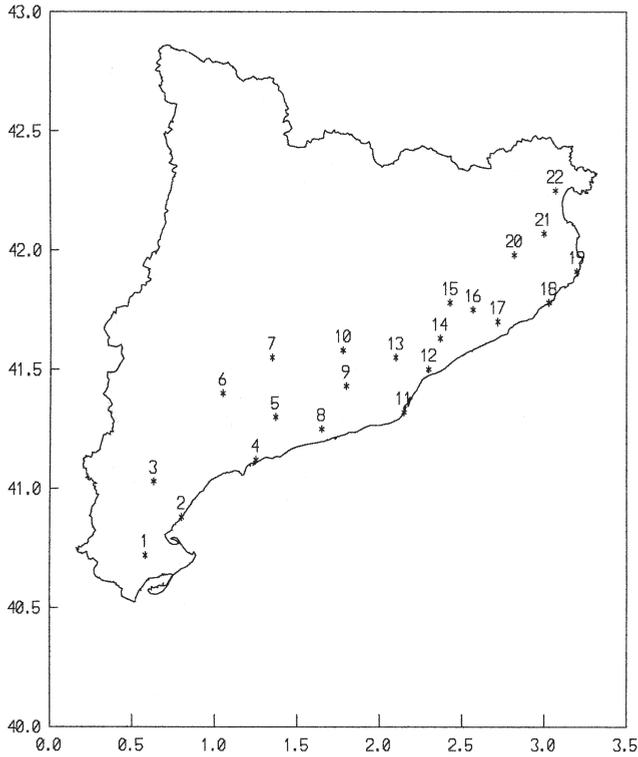
En este artículo, se presentan algunos aspectos de estos contrastes en la franja territorial que comprende las comarcas del litoral y prelitoral catalán. Se pretende destacar una diferenciación espacial y temporal de la pluviometría mensual de los meses de otoño, en un lugar y una época en que se producen con la mayor frecuencia intraanual los fenómenos convectivos más intensos y eficientes, típicos de la climatología mediterránea, con efectos económicos, sociales y ecológicos muy relevantes.

Finalmente, se presentan un conjunto de mapas pluviométricos compuestos, correspondientes a probables prototipos de organización de la precipitación mensual en el área.

Datos y su tratamiento

Un conjunto de 22 observatorios pluviométricos (mapa de localizaciones) configuran la 'malla' de referencia sobre la cual disponemos de series homogéneas y completas de la precipitación mensual de septiembre, octubre y noviembre durante el treintenio 1961-1990. Constituyen la base empírica a partir de la cual tratamos de obtener información sintética latente en la alta variabilidad espacial y temporal que las observaciones básicas u originales contienen.

Su localización geográfica es apreciablemente homogénea y cubre el área con aceptable regularidad como para que no aparezca ninguna parte de esta zona 'aislada' respecto de la red de observación, de modo que evitaremos que la cantidad de variancia este subestimada ó sobrerrepresentada en alguna parte del territorio.



Catalunya: localización de observatorios.

Se ha tratado de especificar unas distribuciones típicas de precipitación por medio de un análisis previo de funciones ortogonales empíricas tal como, por ejemplo, se presenta en Kutzbach, 1967.

En la matriz de datos básicos (dimensiones 30×22 , $m \times i$) correspondiente a cada uno de los meses estacionales, X_{mi} , representa el valor pluviométrico del mes m en el observatorio i . Convenientemente adimensionalizadas, tenemos

$$\sum_m X_{mi} = 0 \quad \text{y,} \quad \sum_i \frac{1}{M} \sum_m X_{mi} = 1.$$

El conjunto de observaciones X_{mi} , con $i=1,2,\dots,I$, puede ser considerado como un vector mensual \vec{X}_m en un espacio de dimensión I , tal que

$$\vec{X}_m = \sum_i X_{mi} \vec{B}_i$$

donde B_i ($i=1,2,\dots,I$) es la base vectorial unitaria. Como X_m es un vector I -dimensional, se puede representar por I vectores de modelo linealmente independientes.

La estructura espacial del modo k está dada por las componentes E_{ki} ($i=1,2,\dots,I$) del vector E_k del modelo (las cargas); la estructura temporal del modo, está dada por el coeficiente de expansión (puntuaciones) A_{mk} ($m=1,2,\dots,M$) (en este estudio $M=30$) tal que

$$\vec{X}_m = \sum_{k=1}^I A_{mk} * E_k$$

donde,

$$A_{mk} = \sum_i X_{mi} * E_{ki}$$

La ortogonalidad de los modos se expresa por

$$\vec{E}_k * \vec{E}_l = \delta_{kl} \quad \text{para cada par } k, l.$$

La estructura de espacio y tiempo de cada modo (E_{ki} y A_{mk} , respectivamente) están conectados a los datos básicos según

$$\sum_m A_{mk} = \sum_m \sum_i X_{mi} * E_{ki} = \sum_i E_{ki} \sum_m X_{mi} = 0$$

y,

$$1/M * \sum A_{mk}^2 = 1.$$

Para cada modo, el coeficiente de expansión temporal es una serie de tiempo con media cero y la suma de las variancias de todos los modos es igual a la variancia total de los datos originales.

Estas propiedades enunciadas, son más generales en el sentido de que son aplicables a cualquier conjunto ortonormal \vec{E}_k ($k=1,2,\dots,I$). Las funciones ortogonales empiricas pueden ser reconocidas como los autovectores (ó vectores propios) de la matriz de covariancias

$$\sum_j C_{ij} * E_{lj} = \lambda_l * E_{li} \quad (l=1,2,\dots,I)$$

λ_l , es el autovalor (ó valor propio) de la matriz de covariancias:

$$C_{ij} = 1/M^* \sum_m X_{mi} * X_{mj} \quad (i, j = 1, 2, \dots, I)$$

y puede comprobarse que

Es decir, las estructuras de espacio y tiempo de los modos de la matriz de

$$1/M^* \sum_m A_{mk} * A_{ml} = \lambda_l * \delta_{kl}$$

asociaciones son ortogonales y los podemos denominar modos empiricos.

si $l = K$

$$\lambda_k = 1/M^* \sum_m A_{mk}^2 > 0$$

o sea, el autovalor del modo empirico k es igual a su variancia, y

$$\sum_{k=1}^I \lambda_k = 1.$$

En este trabajo hemos utilizado la matriz de correlaciones como matriz de dependencias.

En un orden práctico, tratamos de reducir la dimensión del espacio original de las variables básicas a otro de menos dimensiones, ó de número reducido de componentes, pero con la condición de que en este reducido espacio de pocas dimensiones quede recogido un muy alto porcentaje de la variancia total del espacio original, ya que maximización de la variancia explicada es equivalente a minimización del error total. La elección de este número limitado de componentes, de la dimensión reducida del espacio de las componentes, es susceptible de diferentes criterios y en parte puede estar orientado por la significación de las mismas en una fase de interpretación. Aquí, se han considerado aquellas cuyo valor propio asociado es mayor que la unidad, es decir, aquellas componentes que expliquen al menos un porcentaje de variancia igual ó mayor que el de las variables originales.

Cuando se analiza la matriz de correlaciones, las cargas de los modos empiricos forman una matriz que proporciona las coordenadas de las variables originales en el espacio reducido de las componentes, que a su vez coinciden con sus coeficientes de correlación.

En una investigación exploratoria de los datos, como puede ser esta que se presenta, tratamos de buscar implicaciones en el mundo real, para interpretar las componentes obtenidas en función de las variables e individuos de la matriz básica que las caracterizan.

La primera componente, en cada mes tratado, presenta muy alta correlación con la mayor parte de las variables originales, es decir, presenta un patrón de saturaciones

elevadas y positivas en todas las variables básicas (criterio de múltiple positividad), lo cual facilita poco nuestra pretensión de diferenciar subzonas dentro del área costera catalana, que expresen homogeneidad en cuanto al comportamiento pluviométrico y los factores geográficos, meteorológicos y climáticos que los producen.

Para tratar de obtener grupos homogéneos de variables originales que faciliten la interpretación de las componentes latentes, puede adoptarse un cambio de base, por medio de una rotación con el criterio de maximización de la variancia de las cargas, de modo que aparezcan unas variables muy saturadas y otras muy poco, de acuerdo con el criterio de estructura simple de Thurstone (se supone que existen varias componentes relacionadas cada una de ellas con unas cuantas variables originales y no con las restantes).

A la matriz de coeficientes de expansión temporal, que expresan la medida en que las componentes se dan en los sujetos (X_{mi} , $i=1,2,\dots,I$), le hemos aplicado un algoritmo de agrupamiento (distancia euclídea, método de Ward), que nos proporciona una reagrupación de los 30 'mapas' de precipitación (1961-90) en unos pocos subconjuntos.

Finalmente, hemos obtenido unos mapas compuestos como promedio de los integrantes de cada uno de los subconjuntos y esto nos ha permitido expresar unos prototipos de precipitación mensual, en que más probablemente se manifiesta la precipitación de otoño en las zonas catalanas próximas al mar y que eventualmente podrían asociarse a esquemas recurrentes de la circulación atmosférica en la región (meteorología) y más ampliamente con condiciones específicas del estado del sistema climático correspondiente, en el área ó fuera de ella.

Resultados y comentarios

En los gráficos adjuntos están transcritas las cargas de cada una de las tres componentes que explican el 76.5%, 85.6% y el 81.7% de la variancia total de las variables originales para los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente.

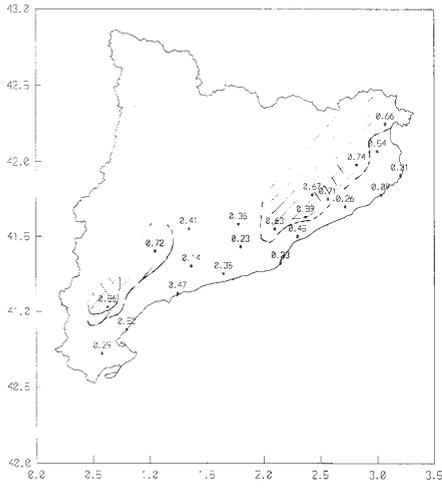
Una observación que puede hacerse es que cada componente da señal más alta y 'selecciona' una particular área del conjunto del territorio.

Curiosamente, excepto en septiembre, en donde las componentes 1 y 2 aparecen con una disposición elongada, casi paralela a la totalidad de la línea costera (sobre todo la componente 2), en los otros dos meses, octubre y noviembre, con cierta similitud entre ambos, la señal de las componentes se vincula prácticamente a los tres tramos provinciales del territorio, Girona, Barcelona y Tarragona.

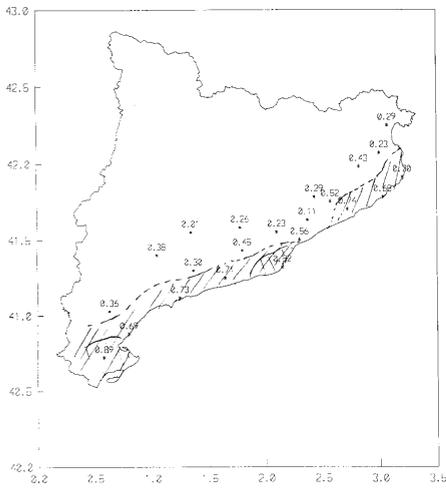
Así como en septiembre las componentes evocan la diferenciación entre la franja litoral y la prelitoral, en octubre y noviembre los factores latentes parecen corresponder con los tres tramos costeros tradicionalmente usados en la operativa de predicción marítima en Cataluña.

En este artículo no pretendemos entrar directamente en aspectos interpretativos, si bien, no es difícil especular con la peculiaridad geográfica de cada tramo costero y su disposición relativa a los flujos perturbados predominantes en caso de episodios importantes de precipitación, que inciden sobre las costas catalanas.

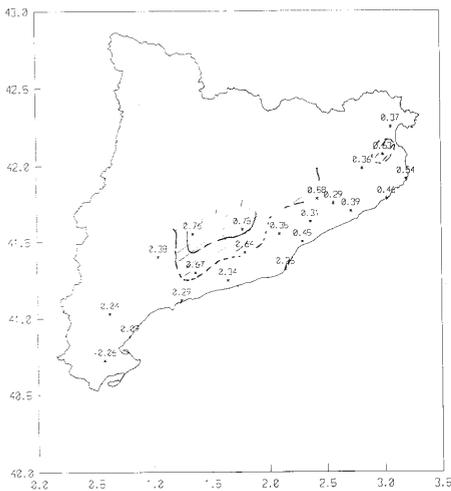
Efectivamente, además de otros elementos que no señalamos ahora, puede imaginarse la zona preferencial de focalización de los factores meteorológicos mesoescales, en ambientes ciclónicos mediterráneos, más al norte ó más al sur en la franja costera-precostera catalana, dependiendo de la dimensión y localización de los centros de esos ciclones y sus flujos aéreos asociados.



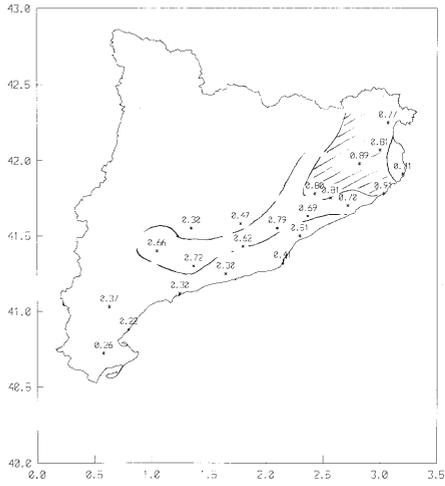
Septiembre:
cargas de la componente 1.



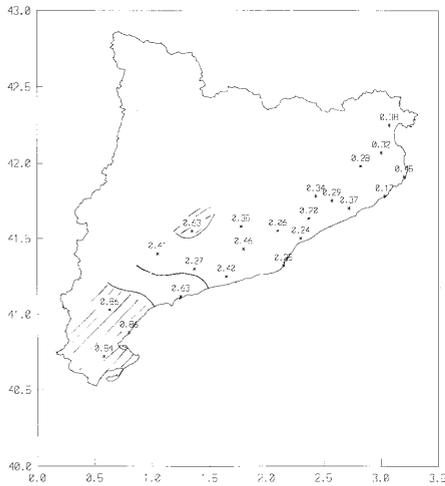
Septiembre:
cargas de la componente 2.



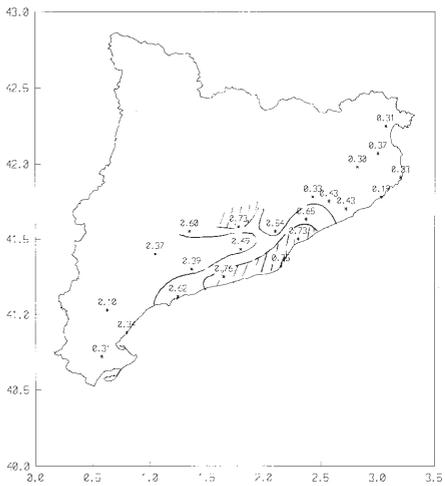
Septiembre:
cargas de la componente 3.



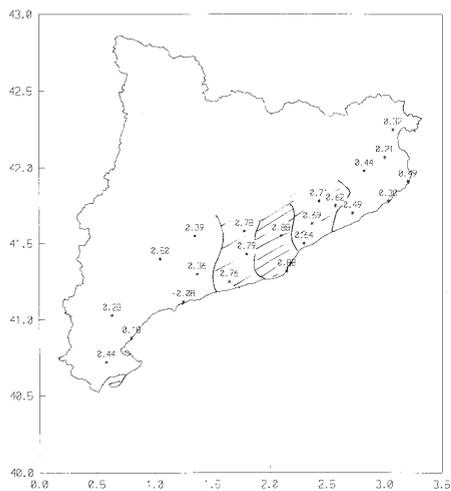
Octubre:
cargas de la componente 1.



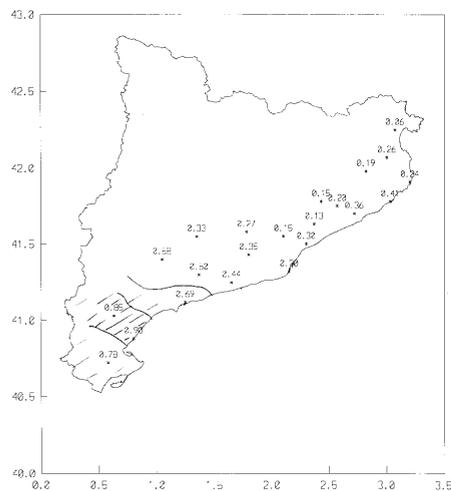
Octubre:
cargas de la componente 2.



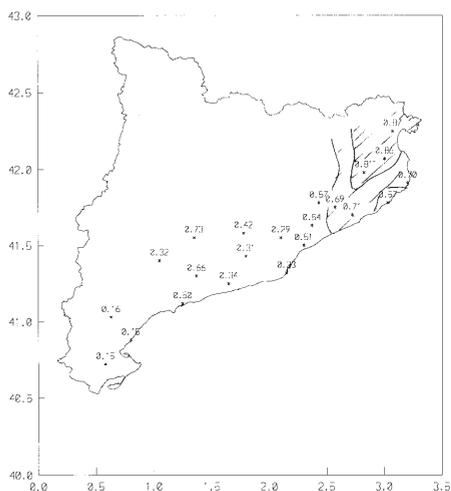
Octubre:
cargas de la componente 3.



Noviembre:
cargas de la componente 1.



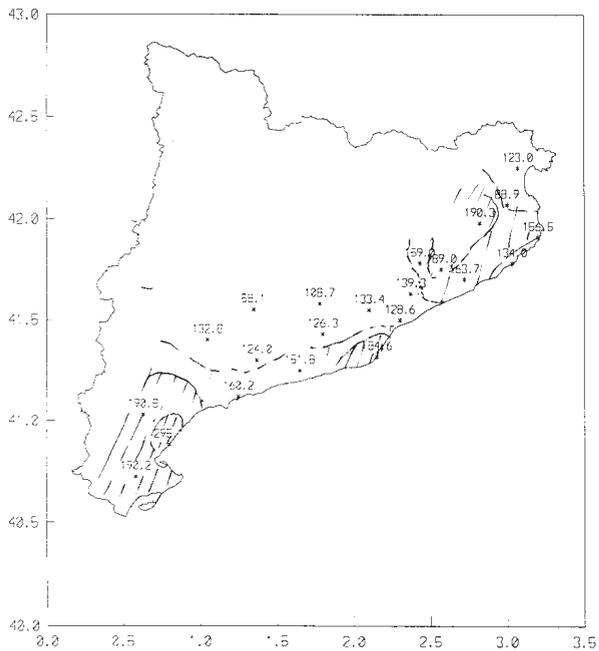
Noviembre:
cargas de la componente 2.

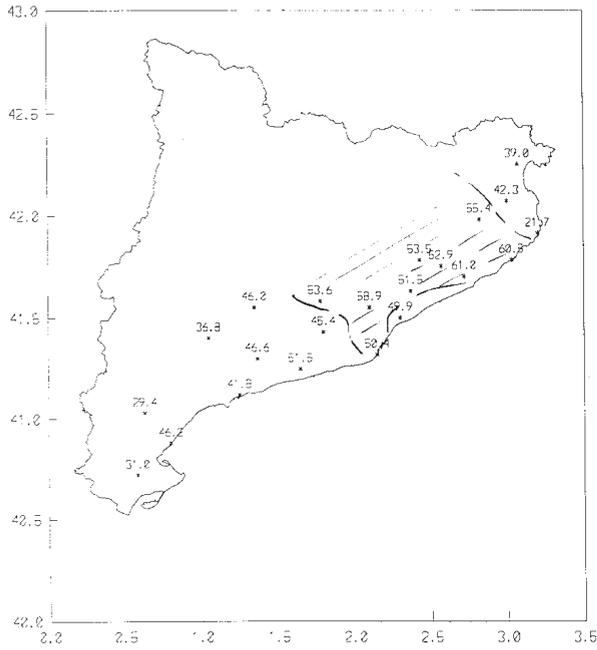


Noviembre:
cargas de la componente 3.

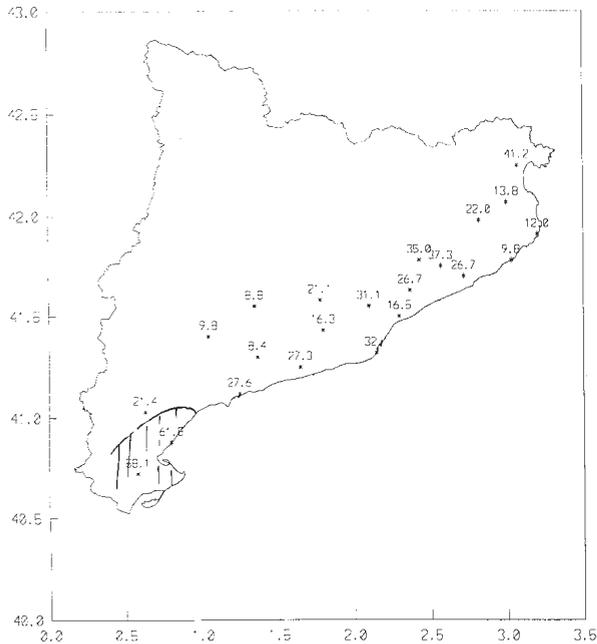
Se presentan también las distribuciones pluviométricas ‘prototípicas’ como mapas pluviométricos compuestos. Cada uno de ellos es el promedio de un conjunto de años con similar contribución de las componentes , como se indica a continuación:

- Septiembre - mapa del tipo 1: 1961, 1963, 1971, 1972, 1975, 1989.
mapa del tipo 2: 1962, 1965, 1969, 1974, 1976, 1984.
mapa del tipo 3: 1964, 1967 ,1973, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983, 1986,
1988, 1990.
mapa del tipo 4: 1966, 1968, 1970, 1977, 1979, 1985, 1987.
- Octubre - mapa del tipo 1: 1963, 1971, 1974, 1978, 1980, 1983, 1988.
mapa del tipo 2: 1964, 1968, 1973, 1975, 1981, 1984, 1989.
mapa del tipo 3: 1961, 1966, 1967, 1970, 1976, 1977, 1985.
mapa del tipo 4: 1962, 1969, 1972, 1982, 1986.
mapa del tipo 5: 1965, 1979, 1987, 1990.
- Noviembre - mapa del tipo 1: 1963, 1968, 1972, 1989.
mapa del tipo 2: 1961, 1967, 1971, 1987, 1990, 1964, 1969, 1977, 1980,
1984, 1985.
mapa del tipo 3: 1962, 1983, 1988.
mapa del tipo 4: 1965, 1966, 1970, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1978,
1979, 1981, 1986.

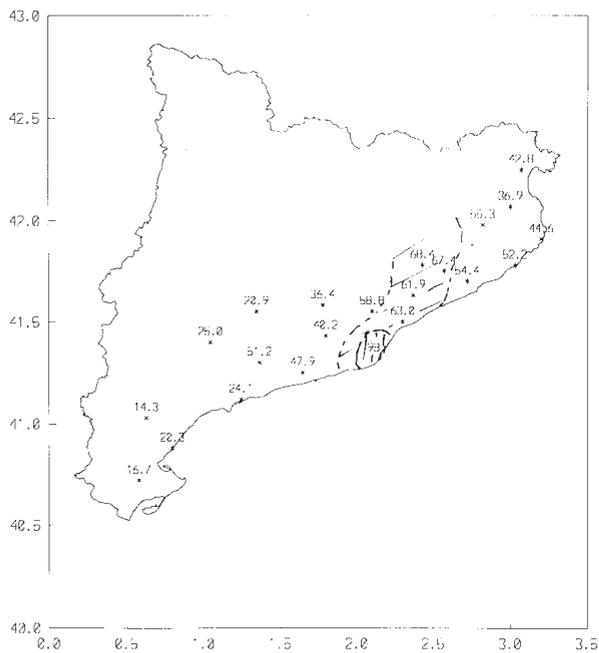




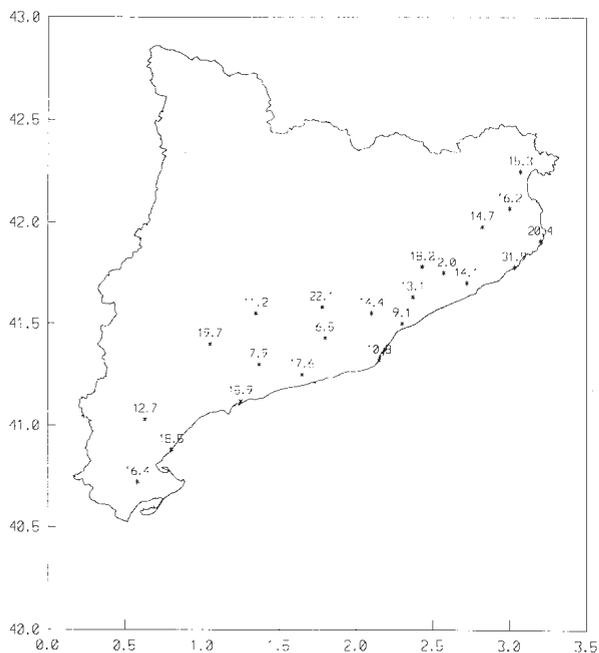
Septiembre:
Mapa del tipo 3. (mm).



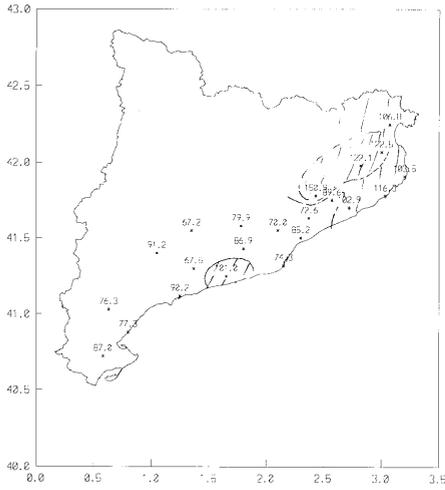
Septiembre:
Mapa del tipo 4. (mm).



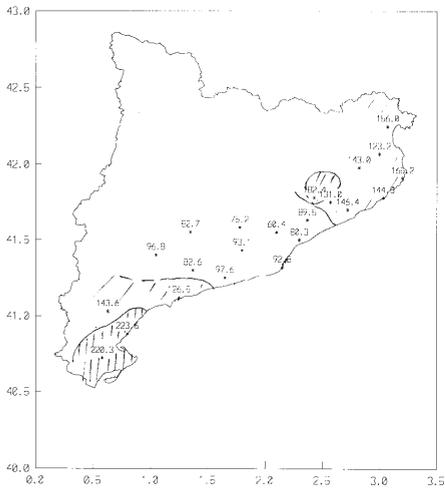
Octubre:
Mapa del tipo 1. (mm).



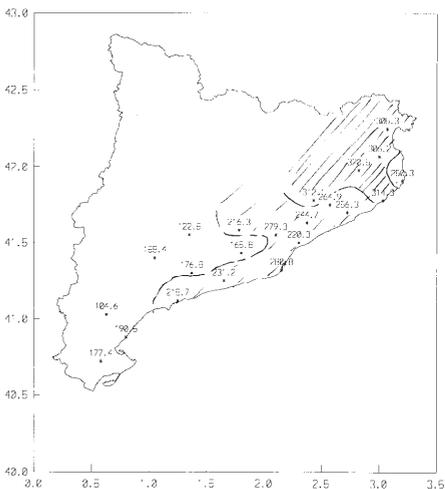
Octubre:
Mapa del tipo 2. (mm).



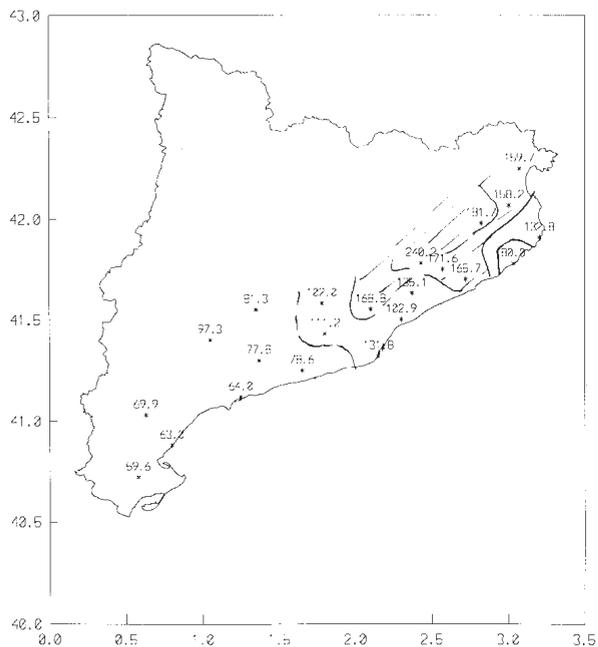
Octubre:
mapa del tipo 3. (mm).



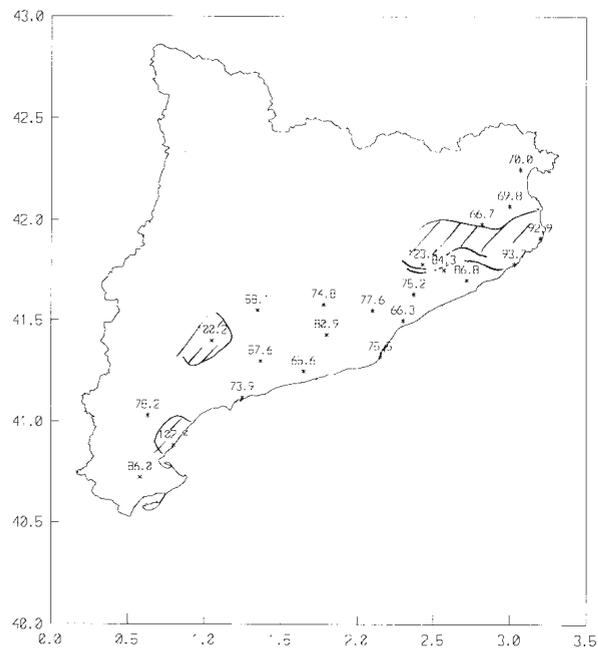
Octubre:
mapa del tipo 4. (mm).



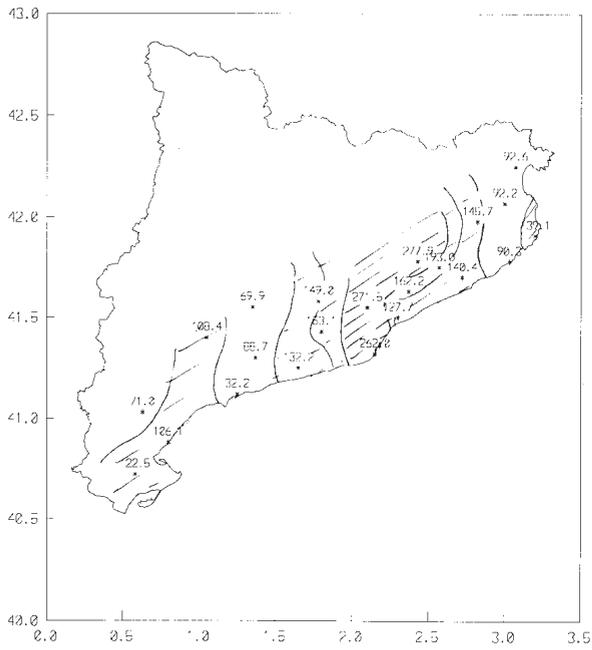
Octubre:
mapa del tipo 5. (mm).



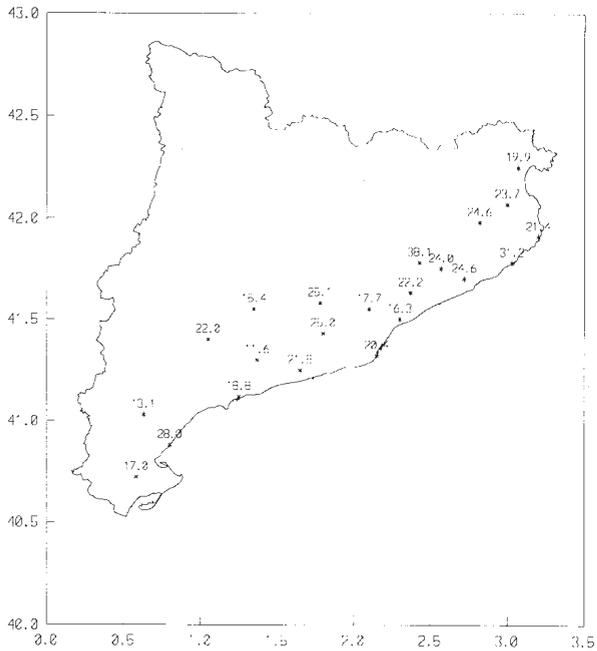
Noviembre:
Mapa del tipo 1. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 2. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 3. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 4. (mm).

**Els inicis dels
estudis
meteorològics a
Menorca
(1739-1850)**

Josep Miquel
Vidal Hernández
*Institut Menorquí
d'Estudis*

Territoris (1998), 1:
311-330

Els inicis dels estudis meteorològics a Menorca (1739-1850)¹

Josep Miquel Vidal Hernández
Institut Menorquí d'Estudis

Resum

Els inicis dels estudis meteorològics a Menorca estan estretament lligats a la medicina neohipocràtica del segle XVIII i en particular a l'ambientalisme de les topografies mèdiques. Les primeres observacions meteorològiques realitzades a Menorca que han estat recollides a una publicació, les va realitzar el metge escocès George Cleghorn entre 1739 i 1744. L'interès per la meteorologia va continuar lligat al món sanitari al llarg del segle, encara que sense que es produïssin massa aportacions originals fins a l'aparició en escena de l'apotecari Bals (1760-1840). Una excepció en aquest panorama sanitari foren els frares carmelites que en el seu convent realitzaven observacions meteorològiques, i alguns pilots, en especial Andreu Rosas, que ideà un instrument per mesurar la força del vent. Al llarg de la primera meitat del segle XIX desenvolupen la seva activitat els darrers personatges que s'ocupen de la meteorologia per les seves implicacions mèdiques, i a l'inici de la segona meitat apareixen els primers observadors metòdics que es mouen pel seu interès en el coneixement del temps meteorològic.

Abstrat

The beginnings of the meteorological studies in Minorca are closely related to the neohippocratical medicine of the 18 Th. century and in particular to the environment of the medical topographies. The first meteorological observations achieved in Minorca, that have been collected in a publication, were made by the Scottish physician George Cleghorn between 1739 and 1744. The interest in meteorology continued related to the health society all through the century without making many original contributions though, until the appearance in the scene of the pharmacist Bals (1760-1840). An exception in this health scene were the Carmelite monks who in their monastery made meteorological observations, and some pilots particularly Andreu Rosas who invented an instrument for measuring the wind force. Throughout the first half of the 19 Th. century the latter celebrities developed their activities, they paid attention to meteorology for its medical implications and at the beginning of the second half appeared the first methodical observers who moved for their interest in the meteorological weather.

Recepció del manuscrit, desembre de 1996

¹ Aquest article és una síntesi actualitzada i ampliada amb noves dades d'un treball anterior de l'autor (Vidal Hernández, 1993)

George Cleghorn, el primer observador meteorològic a Menorca

Les primeres notícies relacionades amb la realització d'estudis que es podrien emmarcar en el camp de la meteorologia a Menorca daten de la primera meitat del segle XVIII. En aquesta època fou destinat a l'Illa un sanitari escocès anomenat George Cleghorn que havia estudiat a la Universitat d'Edimburg. En la seva pràctica mèdica fou un empirista convençut, però procurà fer compatible aquest empirisme amb un seguiment moderat dels corrents neohipocràtics que defensaven l'ambientalisme com a clau per a l'explicació de l'origen de bona part dels estats morbífics (Vidal Hernández, 1994).

Segons aquestes teories ambientalistes —originades en la seva versió moderna al llarg del segle XVII i que arribaren al màxim desenvolupament a finals del segle XIX, data a partir de la qual varen ser desplaçades per les teories microbianes de l'origen de les malalties—, la causa de bona part de les patogènies que afectaven una població s'havia de cercar en les influències externes que rebia aquesta població per part del clima i del tipus d'ambient físic que en caracteritzava l'hàbitat. A aquestes influències externes s'havia de sumar el tipus de comportament, ja fos social o individual, i molt especialment el tipus de temperament de cadascú, entès aquest d'acord amb la teoria galènica dels quatre humors. La conjunció de tots aquests factors determinava l'estat sanitari dels individus.

Per aquest motiu, conèixer el clima d'una regió era essencial per a qualsevol metge que volgués exercir-hi la seva tasca curadora, ja que aquest coneixement junt amb el dels altres factors esmentats li havia de permetre preveure les malalties més freqüents i, a la vegada, l'ajudava a trobar els procediments terapèutics més adequats en cada cas.

D'acord amb aquestes teories, Cleghorn, una vegada arribat a Menorca on exercí el càrrec de metge d'un regiment britànic, es dedicà a la realització d'observacions meteorològiques en un intent de caracteritzar les seqüències climàtiques pròpies de l'Illa, observacions que féu conèixer en la seva obra *Observations on the epidemical diseases in Minorca From the Year 1744 to 1749*, editada a Londres l'any 1751. El treball del metge escocès en aquest camp consistí en la realització d'una mesura diària de la temperatura a les tres del capvespre, a més d'anotar, també diàriament, la presència i les característiques de diferents meteors atmosfèrics (vents dominants, pluges, fenòmens elèctrics, etc.).

Malauradament, les dades termomètriques recollides pel metge escocès —que expressava en l'escala Fahrenheit— no són de gaire fiabilitat per fer-nos conèixer el valor de les temperatures de l'època a Menorca. Açò no és per manca de preocupacions metodològiques de l'autor —de fet aquest va descriure el procediment emprat per fer les mesures, la qual cosa ens assabenta de com va procurar prendre precaucions per aconseguir un màxim de precisió—, sinó pel fet d'haver obtingut les dades a l'interior d'un edifici —en una habitació airejada segons que ens diu. Per tant, no es poden considerar representatives de la temperatura de l'aire a l'exterior. Una altra circumstància que treu vàlidesa a les observacions termomètriques de Cleghorn es el fet que no són preses en un mateix indret de Menorca, sinó que havien estat obtingudes en diferents ubicacions de l'Illa amb motiu dels canvis de residència del metge, seguint el seu regiment per les distintes casernes de l'Illa, d'acord amb les necessitats militars. Aquesta circumstància havia d'influir forçosament en els resultats obtinguts, no tan sols pels efectes microclimàtics deguts a les característiques de l'indret on s'aixecaven els aquarteraments —un lloc arredossat o un lloc airejat—, que podien produir diferències de temperatura respecte dels valors mesurats en altres indrets de la mateixa zona, sinó també per la diferència termomètrica no negligible que existeix entre diverses regions de l'Illa. En darrer terme, la precisió dels termòmetres que podia fer servir Cleghorn en

aquella època era molt baixa, i aquest era un darrer factor que contribuïa a desqualificar-ne els resultats.

D'altra banda, l'observació dels meteors sense aparells de medició treu també utilitat a les altres anotacions de Cleghorn; en aquest cas, l'autor era conscient que la manca d'aparells per realitzar mesures quantitatives li era un entrebanc, però afirma que no pogué aconseguir cap baròmetre ni tampoc cap pluviòmetre. Malgrat tot, els valors numèrics —tant de temperatura com els característics dels meteors observats— no són els paràmetres essencials que necessitava el metge britànic des del punt de vista ambientalista. De fet, en aquesta època, es pensava que era la qualitat global de l'aire el que podia influir sobre l'estat sanitari de les poblacions, i aquesta qualitat es podia determinar sense conèixer el valor exacte dels paràmetres atmosfèrics ni caracteritzar numèricament els meteors que es produïen.

D'acord amb açò, Cleghorn, quant als vents, es limita a constatar que durant una determinada setmana venien de llevant, per exemple, i havien bufat freds i humits, mentre que la setmana següent havien bufat de ponent, secs i temperats. De fet, aquesta era una de les informacions més significatives des del punt de vista hipocràtic, ja que la natura dels vents tenia influències determinants en l'aparició de malalties. Així, per exemple, els vents del sud, càlids i carregats d'humitat, de l'estiu, es consideraven extremadament nocius, mentre que els vents secs del nord, sobretot si no eren massa freds, eren considerats com a saludables en tot temps. Per aquest fet, la descripció qualitativa de Cleghorn de les distintes oscil·lacions del vent al llarg de l'any, amb els consegüents efectes sobre l'ambient, era la principal informació que es necessitava per determinar la influència que la situació atmosfèrica exercia sobre l'organisme humà quant a salut.

Tot i això, l'interès demostrat per Cleghorn en el seu text per l'obtenció de dades numèriques el més precises possible referides a la temperatura i les anotacions respecte de la falta d'instruments adequats per obtenir altres dades que li hauria agradat de posseir fan pensar que l'empirisme practicat pel metge britànic o el seguiment —conscient o no— de les tendències cap a una matematització creixent de les teories científiques, que es produïa des del segle XVII i que implicava una valoració de les mesures experimentals, podia haver-lo impulsat per un camí, el de l'obtenció de dades numèriques per mitjà de l'ús d'instrumental, que no era contemplat per les teories ambientalistes —almenys en les versions més primitives. Malauradament per als estudis meteorològics, però, aquest camí, com hem vist, no el va emprendre amb èxit en part per falta de preparació adequada i, en part, per manca de mitjans.

Resposta de França

Tot just havien passat cinc anys de la publicació del llibre de Cleghorn quan l'illa de Menorca va rendir-se als francesos després d'un setge i una batalla naval frustrada que dugué davant els tribunals i l'escamot d'execució l'almirall vençut, l'anglès Bying. Aquesta ocupació, però, fou de curta durada, ja que els nous amos de l'Illa s'obligaren a retornar Menorca a la corona britànica pel tractat de París que firmaren l'any 1763.

Malgrat el poc temps que durà, la presència dels exèrcits del Rei Cristianíssim fou suficient perquè es produís un intent, per part d'un metge francès, de voler emular l'obra de Cleghorn, que aleshores gaudia d'un cert renom a Europa, com ho prova el fet que se'n fessin tres edicions en menys de vint anys. Aquest creiem que pot ser el motiu pel qual, el metge de l'exèrcit reial a l'illa de Menorca, François Passerat de la Chapelle, encetàs

l'elaboració d'un llibre amb el qual pretenia seguir les passes del metge escocès. El llibre, però, no estigué enllestit abans que Menorca tornàs a ser anglesa. Per aquest motiu, l'autor no acabava de decidir-se a publicar la seva obra; però, convençut pel consell d'alguns amics, el llibre arribà a publicar-se a París l'any 1764 (Vidal Hernández, 1991).

L'obra, titulada *Reflexions generals sur l'ile de Minorque, sur son climat, sur la maniere de vivre de ses habitants, et sur les maladies qu'y regnent*, era concebuda amb l'estructura d'una topografia mèdica, encara més clarament que en el cas del llibre de Cleghorn, però era un treball molt menys exhaustiu que el d'aquest, ja fos perquè Passerat mancava dels dots d'observador que havien caracteritzat el metge britànic, ja fos perquè la seva curta estada a Menorca —conseqüència necessària de la poca durada de l'ocupació francesa— no li hagués donat prou temps per exercir-los.

El tractament dels aspectes meteorològics, que és el que ens interessa aquí, malgrat la referència al clima en el títol del llibre, és poc extens i encara menys rigorós. Passerat no va fer observacions amb instruments de cap tipus durant la seva estada a Menorca, i es limità a exposar el que considerà més rellevant dels aspectes meteorològics generals per a les seves consideracions mèdiques posteriors. Així, només parla dels vents que pensa que són més saludables per als menorquins, els del nord, i dels que considera perjudicials per a la salut, els de migjorn. També fa alguns comentaris escadussers referents a l'efecte de les pluges en determinades estacions sobre la qualitat de l'aire durant els mesos posteriors.

Es pot dir, per tant, que aquesta segona aparició del clima de Menorca en la literatura científica del segle XVIII és molt deficient, tant en extensió com en rigor. Si l'hem esmentada aquí és pel fet que ens fa patent com entre els metges forans que visitaven Menorca existia un clar interès en l'estudi del clima de l'Illa, derivat sens dubte, de l'assumpció, per la seva part, de les teories ambientalistes propugnades pel neohipocratism que regnava en la medicina al segle XVIII. Aquest ambientalisme, com veurem tot seguit, fou conreat també pels metges menorquins, ja fos per l'exemple dels estrangers, ja fos per la influència rebuda en ocasió dels seus propis estudis universitaris. Per açò, a Menorca, l'interès per la meteorologia continuà per molts d'anys lligat a la medicina a excepció, com veurem, d'uns pocs casos.

El Dr. Oleo i el clima de Menorca

El primer metge menorquí de qui coneixem d'una manera fefaent la militància ambientalista és el ciutadellenc Miquel Oleo i Quadrado (1739-1813). Autor de nombrosos treballs, molts en llatí, la major part dels quals es conserva a l'Arxiu de la Real Academia Médico Práctica de Barcelona, de la qual fou membre, i una part més petita a l'Arxiu del Regne de Mallorca. El seu discurs d'ingrés a l'Acadèmia esmentada versà sobre el trisme dels nadons, les «barretes» en el llenguatge d'Oleo, fent-hi conèixer les seves teories en relació a la prevenció i cura de la malaltia, que arribaren a ser conegudes i molt ben considerades en tot l'Estat espanyol (Vallribera; Escudé, 1995).

Fervent ambientalista i gran admirador de Cleghorn, traduí al castellà l'obra d'aquest sobre les malalties endèmiques de Menorca, afegint-hi el resultat de les seves pròpies observacions. Aquesta traducció manuscrita, que al segle passat era conservada per la família d'Oleo que vivia a Mallorca —el seu fill fou el famós doctor Oleo i Carrió— s'ha perdut i només se'n conserva la introducció, que, malgrat proporcionar-nos dades autobiogràfiques molt interessants, no ens il·lumina gens sobre la traducció de l'obra a la qual suposadament precedeix, ni tampoc sobre els capítols o anotacions de collita pròpia.

Oleo és autor d'un manuscrit, conservat a l'Arxiu de la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona, que duu per títol *Dissertatio Medica De climate nostro Minoricarum et his que premeditanda veniunt, ut medicina huberrimi fuctus, nostrorum Popularium, et Medicorum votis respondeat*.² El clima que estudia el doctor Oleo no es correspon, però, al que nosaltres entenem per clima, sinó al que s'entenia a l'època. És a dir, els climes segons la terminologia de l'època eren les corones esfèriques paral·leles a l'equador en què es considerava dividida l'esfera terrestre des de l'equador mateix fins al pol —trenta en cada hemisferi segons el model seguit per Oleo— caracteritzada cadascuna sobretot pel valor de les temperatures de la zona. La divisió resultant era molt relativa, ja que tot just es coneixien les temperatures de les terres habitades de cada zona que, evidentment, no eren iguals en tota ella; per tant, la determinació dels climes era, en molts de casos, més aviat un conveni. Aquestes corones eren desiguals en extensió, algunes abastaven 9 graus i d'altres un de sol. Menorca, sempre segons aquest autor, pel fet d'estar propera a la latitud 40°, es troba entre els climes numerats amb els ordinals 5 i 6, els quals estan entre els millors per a la comoditat dels humans. I encara més, afegeix una afirmació més tost ingènua, segons la qual si Déu li hagués concedit a ell, nadiu de Menorca, la facultat de triar la millor situació per a l'Illa en el globus terraquí, no hauria estat capaç de trobar-hi un emplaçament més adequat.

Tret d'aquest comentari xovinista, en el manuscrit no es parla mai del clima de Menorca —en el sentit actual del terme— i només es fa esment que les temperatures temperades que predominen a l'Illa són contraindicades per a l'ús de les mateixes terapèutiques agressives que recomanen els metges dels països nòrdics. Així, el treball, que des del punt de vista meteorològic només interessa com a curiositat, des del punt de vista mèdic és molt interessant, ja que resulta una crida, a vegades apassionada, a la moderació, feta als metges menorquins, quant a l'ús de les sagnies, els vomitius i els composts químics agressius que en aquell temps s'empraven en molts de procediments terapèutics. Malauradament, el fet que el text ens ha arribat manuscrit fa pensar que devia tenir poca difusió entre els seus contemporanis, per a desgràcia dels malalts que acudien als metges.

Un qüestionari i les seves respostes

La següent documentació que ens relaciona la preocupació pel clima i la pràctica sanitària a Menorca data de finals de 1782, un cop retornada Menorca a la corona espanyola com a conseqüència de la conquesta per les tropes comandades pel duc de Crillon. Es tracta de dos documents que contenen les respostes donades per facultatius menorquins a una enquesta passada per Juan Bautista de San Martín y Navas, auditor de l'exèrcit a Menorca, a tots els metges de l'Illa. El motiu de l'enquesta era arplegar, per a la nova administració, el major nombre de dades relatives a tots els aspectes sanitaris de Menorca, en vistes a l'organització del govern illenc.

Arribats a aquest punt cal esmentar que el mateix personatge havia passat altres qüestionaris específics als jurats de les universitats —membres de les corporacions

² *Dissertació Astronòmico-mèdica sobre el nostre clima de Menorca i sobre tot allò que cal reflexionar per tal que els fruits abundantíssims de la medicina responguin als propòsits dels nostres compatriotes i metges*, títol de la traducció inèdita d'aquesta obra d'Oleo, realitzada per Magdalena Fàbregues, que ha fet servir l'autor per als seu estudi.

municipals en la nomenclatura de l'època— als juristes i als cirurgians —segons els documents que coneixem. És de suposar que aquests qüestionaris, per la seva especialització, no els devia preparar el mateix auditor, sinó que li devien venir des de Madrid. De fet, a cadascun feia un conjunt de preguntes ben concretes relacionades amb l'àmbit de feina dels professionals a qui anava adreçat, totes destinades a esbrinar la situació social, sanitària, econòmica i política a l'Illa a fi d'organitzar-ne el govern per la nova administració. El que cal esmentar és que, així com les qüestions que es formulen als jurats i als juristes contenen les preguntes que hom pot esperar d'un governant que vol conèixer les peculiaritats de l'organització social i política dels seus nous súbdits, els qüestionaris dels metges se ceneixen amb molta fidelitat al que es considera necessari conèixer per estimar la situació sanitària d'un lloc des d'un punt de vista estrictament ambientalista, i seguint l'esquema típic de les topografies mèdiques. Així, trobam que l'enquesta indaga principalment sobre l'alimentació dels habitants, el tipus d'habitatge, la natura dels terrenys de l'Illa, la flora i la fauna i, com sempre, el tipus de clima, tot investigant la possible relació de tots aquests factors amb la salut dels menorquins.

De tots els qüestionaris repartits entre els metges —si és que es varen repartir tots i no es va fer una selecció prèvia interessada— només s'han conservat dues respostes senceres i una tercera de parcial. Les dues primeres són les elaborades, respectivament, pel metge de Ciutadella Miquel Oleo i Quadrado, estudiat al paràgraf anterior, i per un grup de sanitaris de Maó encapçalats pel metge Joaquim Carreras. La tercera, incompleta, l'ha feta conèixer Ferrer i Aledo (1946), el qual proposa una datació del treball, l'any 1774 —en plena dominació britànica—, que no és compatible amb la seva afirmació que es tracta de la resposta a un qüestionari passat als metges per San Martín y Navas, document que correspon, com hem vist, i és ben clar per la personalitat del demandant, al retorn de Menorca a la corona espanyola. Aquí, però, només ens ocuparem dels dos primers qüestionaris pel fet que aquest darrer, almenys la part que reproduïx Ferrer Aledo —no sabem si ell disposava del document complet— només fa referència a la botànica de Menorca.

Quant al document de Miquel Oleo, que es conserva a la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona, s'ha de dir que no aporta gaire dades interessants en relació al clima de Menorca, sinó que es limita a repetir les observacions generals sobre el predomini dels diferents vents, segons les estacions, i l'estacionalitat de les pluges, relacionant cadascun d'aquests fets amb la incidència de diferents malalties. Es remet, també, a les observacions fetes per Cleghorn, de les quals inclou, com a annex que no s'ha conservat, les taules termomètriques.

D'altra banda, fa esment que en la seva joventut es dedicà a l'observació i examen del clima de Menorca i que, com a resultat d'aquesta tasca, elaborà un manuscrit que adjunta a la resposta al qüestionari. Tampoc aquest annex no s'ha conservat, però, si suposam que és el treball esmentant abans, la *Dissertatio Medica De climate nostro Minoricarum...* —hipòtesi avalada fins a cert punt pel fet que aquest manuscrit també ha anat a parar a la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona—, hem de concloure, segons que hem comentat més amunt, que els estudis que Oleo diu haver fet sobre el clima de Menorca haurien estat molt primaris. Malgrat tot, es un metge més que s'interessa pel clima en els seus escrits, i per açò l'hem esmentat aquí.

El segon qüestionari, del qual es coneixen dos exemplars idèntics, un de localitzat a l'Arxiu Històric Nacional³ i l'altre en una col·lecció particular de Maó, presenta major

³ A.H.N., Consejos, Lligall 5385.

interès científic que el d'Oleo, ja que es beneficia, sens dubte, de ser el resultat d'un treball d'equip i això dóna una visió molt completa de la realitat ambiental i sanitària menorquina.

En són autors els metges Joaquim Carreras, Antoni Parpal, Bartomeu Ramis i els cirurgians Pere Roca i Antoni Andreu. Carreras (1745-1825) fou un metge maonès que estudià a Avinyó i que tingué gran influència en el món del que es podria anomenar la sanitat exterior, ja que formà part de les Juntes de Sanitat del port de Maó per un període de més de trenta anys, i ja en edat avançada fou nomenat metge consultor del Llatzeret de Maó, la primera persona que ocupà aquest càrrec. L'any 1821 tingué un paper molt destacat, gairebé heroic, en la lluita contra l'epidèmia de febre groga de l'any 1821 que afectà el Llatzeret de Maó, ja que fou l'únic metge que acceptà tancar-se dintre del recinte quarentenari per tenir cura dels malalts.

D'Antoni Parpal podem dir que realitzà els seus estudis mèdics a Nàpols, a principis dels anys 70 del segle XVIII, i que fou membre de la Societat Maonesa —una acadèmia literària fundada a Maó l'any 1778 per l'anomenat grup il·lustrat menorquí, una de les figures més senyeres del qual fou Joan Ramis i Ramis. Germà seu fou el metge Bartomeu Ramis i Ramis (1751-1837), el tercer dels metges firmants de l'informe, del qual sabem que va estudiar a Montpeller entre els anys 1776 i 1778, però que va obtenir el grau de doctor a la Universitat d'Avinyó l'any 1778.

Aquest darrer personatge també formà part de la Societat Maonesa i, a més de la medicina, conreà la botànica i preparà un catàleg de plantes de Menorca —o potser un herbari— que avui es troba en parador desconegut i que el segle passat tenia el botànic Teixidor. A més, publicà un treball sobre les conseqüències nocives d'enterrar els morts a les esglésies.

Dels dos cirurgians que firmen el document tenim encara menys informació, tret que el primer, Pere Roca, fou parent, probablement germà, del capità Roca, autor del cronicó conegut amb el títol de *Diari de Maó* i del qual ens ocuparem més endavant, i que tots dos, Pere Roca i Antoni Andreu —sobretot el primer— apareixen en nombrosos documents formant part de la Junta de Sanitat de Maó.

Quant al document preparat per aquests sanitaris, i molt particularment a la part destinada a exposar les peculiaritats climàtiques de l'illa de Menorca, hem d'esmentar que, el mateix que passa amb la resta de casos considerats fins aquí, la descripció que s'ofereix es només qualitativa. Hi ha, però, una peculiaritat que creiem que paga la pena de comentar aquí. Es tracta de l'observació que fan del fet que la càrrega d'aerosols salins —partícules salines en el llenguatge dels autors— duita pels vents que bufen sobre Menorca és la principal responsable que moltes plantes es ressequin. Fins aquí, res d'estrany, ja que aquesta observació ja l'havia feta Cleghorn en el seu llibre. El que resulta curiós és que els autors encadenen aquesta observació amb la constatació que tots els arbres menorquins estan inclinats cap al sud, la qual cosa, encara que no s'afirmi explícitament en el text, podria fer-nos pensar que els autors són conscients del paper —que es coneix avui, però no en el temps en què fou redactat el document— que juga el contingut salí transportat pels vents del nord, i no tan sols la força del vent, en la gènesi de l'esmentada inclinació. Aquesta hipòtesi resulta temptadora sobretot pel fet que els autors observen com en el costat dels arbres orientat cap al nord no hi ha gairabé rames i les poques que hi neixen s'assequen i moren. Tot i això, aquesta afirmació és difícil de justificar, i l'únic clar és que aquests autors ja sabien que els vents forts eren nocius per a la vegetació, no tant per la seva força com pels aerosols salins que transportaven i que es dipositaven sobre la vegetació i els camps de conreu.

Un altre punt important és el de les temperatures; els autors afirmen que se n'han realitzat moltes observacions en diferents anys, sense dir quins n'han estat els autors, les quals se suposa que són les que fan servir per redactar el document. A l'hora de la veritat, però, donen uns valors màxims i mínims absoluts, sense assenyalar a quin període corresponen, que resulten sospitosament idèntics als oferts per Cleghorn en el seu llibre. També s'assemblen a les dades del metge britànic les estimacions que fan de les temperatures màximes i mínimes més normals, cadascuna de les quals consideren compreses entre dos valors límits, valors que també s'apropen als obtinguts per Cleghorn. Per si fos poc, donen els valors segons l'escala Fahrenheit —a qui anomenen Ferrenhits— escala que, com hem vist, també emprà el metge escocès. I encara més resulta significatiu el fet que ens assabenten de la circumstància que les dades que donen han estat obtingudes a partir de mesuraments efectuats a l'interior d'una habitació. I aquest era, com es recordarà, el cas de les observacions de Cleghorn.

Com a conclusió, podem dir que la preocupació per les observacions meteorològiques, amb objecte de caracteritzar el clima de Menorca —els seus trets generals i les seves oscil·lacions estacionals— fou una constant dels metges que exercien a Menorca al llarg del segle XVIII. O, almenys, ho era per a aquells que ens deixaren el testimoni escrit de les seves idees, encara que, coneixent l'expansió de l'ambientalisme hipocràtic durant la Il·lustració, podem creure que la preocupació pel clima devia ser compartida per bona part dels sanitaris. El que resulta curiós és que, també segons els testimonis arribats fins als nostres dies, sembla com si aquest interès no hagués duit la majoria de sanitaris a efectuar les seves pròpies observacions, sinó que tots ells se serviren, d'una manera més o menys velada, de les mesures fetes per Cleghorn, sense afegir-hi altra cosa que algunes apreciacions qualitatives, ni preocupar-se per altres mesuraments que, com veurem més endavant, devien existir gairebé des de la mateixa època de Cleghorn.

Joan Bals i Cardona: la superació de Cleghorn

Aquesta situació es va perllongar fins a la darrera dècada del segle XVIII, època en la qual apareix un nou personatge en l'escena meteorològica —a l'escena sanitària ja feia temps que s'hi havia introduït com a apotecari— que inicia la realització d'observacions meteorològiques regulars i metòdiques, encara que, com veurem, malauradament no resulten més fiables que les anteriors.

Joan Bals (1760-1840) fou un apotecari maonès molt afeccionat a la botànica que escriví en llatí diversos tractats teòrics sobre el tema, que avui no estan localitzats. Professionalment, a més de tenir botiga de farmàcia pròpia, fou farmacèutic del Reial Hospital Militar, càrrec que ocupà a partir de l'any 1811. Vint anys després, ja d'edat molt avançada, fou admès com a soci corresponent de la Real Academia Médico Práctica de Barcelona en reconeixement dels seus mèrits.

El seu treball més important, o així ho sembla mentre no n'apareguin els escrits botànics, és el que desenvolupà en el camp de la meteorologia. La seva motivació per fer-lo, com tindrem ocasió de comentar tot seguit, fou la mateixa que en els casos anteriors, és a dir, el seguiment dels preceptes derivats de l'ambientalisme mèdic.

La tasca meteorològica de Bals consistí en la realització d'una sèrie regular d'observacions termomètriques i baromètriques entre el primer de gener de 1792 i el 31 de desembre de 1799. Cada dia efectuava tres mesuraments, tant de pressió com de temperatura, un a les sis del matí, l'altre a les dues del capvespre i el darrer a les deu de la

nit. Els mesos de tardor i d'hivern l'observació del matí es retardava a les set, i la de la nit s'avançava a les nou. La de les dues del capvespre es mantenia a la mateixa hora tot l'any. L'escala emprada per a les mesures termomètriques era la de Reamur.

Malgrat l'autodisciplina que s'imposà l'autor en el manteniment del ritme de la realització d'observacions —en els vuit anys esmentats només deixà de realitzar les corresponents a 7 matins, 11 capvespres i 10 nits—, els mesuraments termomètrics de Bals no ens permeten conèixer la temperatura de l'aire a Menorca a la seva època amb un mínim de fiabilitat. El motiu que ens permet fer aquesta afirmació és el mateix que ens havia fet invalidar els mesuraments de Cleghorn, és a dir, es tracta d'observacions realitzades a l'interior d'una casa —i, en aquest cas, encara pitjor, amb un termòmetre situat en una paret orientada al sud, que per la part de fora, devia rebre l'escalfor del sol.

Respecte dels mesuraments baromètrics, la situació seria més favorable, en principi, per la circumstància que els valors presos a l'interior d'un edifici no són diferents, en principi, dels que s'obtenen fora. Ara bé, l'interès de les observacions baromètriques d'un lloc per si sol és nul, ja que només adquireixen significat si es poden relacionar amb altres mesuraments comparables —realitzats a les mateixes hores i amb instruments calibrats— presos en altres indrets, ja que açò permetria, si fossin prou abundants, de reconstruir els mapes sinòptics. És clar que aquesta circumstància no era coneguda en l'època, ja que els coneixements que havien de dur a l'elaboració de mapes sinòptics no estaven establerts, i, per tant, els observadors feien les observacions baromètriques convençuts que podien ajudar a caracteritzar la situació meteorològica al lloc determinat on es trobaven. Així, malgrat que les mesures baromètriques de Bals siguin correctes, no podem extreure'n gaire informació meteorològica.

Malgrat totes aquestes mancances, s'ha de reconèixer, i açò és important, que Bals fou capdavanter en la realització de mesuraments meteorològics metòdics a Menorca. El fet que ignoràs, per un costat, la importància de mesurar la temperatura a l'aire lliure i que, per un altre costat, es dedicàs a recollir observacions baromètriques com a dades d'interès per si mateixes, no li treu el mèrit d'haver estat conscient de la importància de realitzar els mesuraments d'una forma continuada, uns quants cops al dia, sempre a les mateixes hores i mantenint els instruments d'observació en un lloc fix.

Les observacions de Bals s'han conservat en tres manuscrits dipositats en l'arxiu de la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona. Els treballs, que es presenten com a resums de totes les observacions realitzades per l'apotecari, porten com a títol genèric el de *Topografía de Mahón. Meteorología*, i sembla que foren escrits molts d'anys després de realitzar-se les observacions. Açò darrer es dedueix del fet que un dels tres manuscrits porta com a data el 28 de febrer de 1837, i del fet que en tots tres figura en la portada el nom de l'autor seguit dels seus títols, entre els quals figura el de soci corresponent de la Real Academia Médico Práctica de Barcelona, nomenament que, com hem vist, no tingué fins l'any 1831.

Un dels manuscrits, que s'ocupa de les observacions baromètriques, porta com a títol específic *Estado de la Atmosfera de dicha plaza, demostrado por la Observación diaria y triple cotidiana, de las elevaciones y movimiento del mercurio en el barómetro desde el día primero del año 1792 hasta el último del concluyente 1799; dividido en ocho panoramas anuales, que se comprenden en el indicado tiempo*.

A continuació d'aquest títol, Bals fa constar que el seu treball d'observació ha estat «*emprendido y seguido para fines ulteriores, útiles en Física y en Medicina*», és a dir, que l'interès principal de Bals provenia, com en els altres casos que hem vist fins aquí, del camp sanitari.

L'autor ens hi diu que en el seu treball ha extractat «*la parte barométrica del diario meteoro-necrológico de Mahón, continuado y seguido escrupulosamente en los años indicados*». Aquesta frase, però, a la vegada que ens revela la intenció de Bals a l'hora de fer les seves observacions, ens planteja una qüestió. En efecte, el que l'apotecari diu ens fa entendre que el conjunt de mesures meteorològiques ofertes a la Reial Acadèmia de Medicina formaria part d'un treball molt més ampli amb una intencionalitat ben clara. La d'establir un diari meteoronecrològic, és a dir, un conjunt d'anotacions diàries on, d'una banda, es reflecteix la marxa dels paràmetres meteorològics i, d'altra, l'ocurrència de defuncions i les causes que les han motivades, per tractar de definir una relació entre els dos grups de variables. Eventualment també es podien incloure les malalties dels nous pacients que podien aparèixer al llarg dels dies i les seves evolucions. Aquesta mena de diaris, que s'emmarquen clarament en el si dels corrents ambientalistes de l'època, assoliren un cert predicament en la segona meitat del segle XVIII i sobretot a principis del XIX. En particular, l'Academia Médico Práctica de Barcelona va estar molt interessada en el tema, i així Salvà i Campillo, en el tombant dels segles XVIII i XIX, realitzà diversos diaris meteorologicosanitaris relatius a la ciutat de Barcelona (Riera i Tuèbols, 1985).

La qüestió que se'ns planteja aquí és que no es coneix el parador de la segona part del diari meteoronecrològic de Bals, és a dir, les anotacions sanitàries, i fins i tot desconeixem si realment aquesta segona part s'arribà a realitzar. D'una banda, Bover ens parla de l'existència d'un treball de Bals amb el títol de *Diario meteoro-necrológico de Mahón desde 1º de enero de 1792 hasta 31 de diciembre de 1799*, el qual descriu com un tom de 106 pàgines de tipus foli i, per tant, amb una extensió molt superior a la total dels tres manuscrits conservats; per consegüent, es podria pensar que aquest manuscrit contenia tant les dades meteorològiques com les sanitàries (Bover, 1868). D'altra banda, però, en la descripció que fa Bover del contingut del treball no fa esment d'altra cosa que de les observacions meteorològiques de pressió i temperatures, el mateix que ens ha arribat fins avui. Per tant, hem de deixar oberta la qüestió de l'existència d'estadístiques de mortalitat i tipus de malalties fetes per Bals paral·lelament a les observacions meteorològiques, fins que noves dades, si és que es troben, ens aclareixin la qüestió.

Reprement el fil de la nostra exposició, cal fer esment que els altres manuscrits conservats a la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona porten per títol respectivament *Estado octoenal de la atmósfera de dicha plaza, patentizado en la Tabla panorámica de todas las elevaciones o movimientos del mercurio barométrico, desde 27 pulgadas 2 líneas y 7 octavos de otra línea hasta 28 pulgadas 6 líneas y 6 octavos, que se han observado durante el octenio desde el dia primero de 1792 hasta el ultimo de 1799, distribuido progresivamente por octavos de línea, y resumido todo del diario meteoro-necrológico de Mahon con triple observación cotidiana en el mencionado período i Calórico del ambiente interior, o Temperatura Deducible de la triple observación cotidiana que comprende el Diario meteorologico de dicha plaza durante el octenio, o desde 1ª de Enero de 1792 a 31 de Diciembre de 1799, ambos inclusive*. En el primer d'aquests manuscrits, com podem veure, torna a aparèixer una altra referència al diari meteoronecrològic suposadament preparat per Bals.

No estudiarem el contingut d'aquests manuscrits que l'autor d'aquest article ja ha descrit, en part, en un altre lloc (Vidal Hernández, 1998: 27-40), però sí que esmentarem que el seu contingut és molt heterogeni, ja que un conté tots els valors de la pressió atmosfèrica observats per Bals durant la dècada estudiada, mentre que un altre es dedica a reproduir dades tan pintoresques i, a la vegada, molt laborioses d'obtenir, com és la llista

dels valors baromètrics que van aparèixer més d'un cop en la terna d'observacions d'un mateix dia —classificats segons si es varen observar dues o tres vegades—, tot afegint la data o les dates en què açò esdevingué. El tercer, per acabar, dona informacions més normals, com el valor de la temperatura mitjana per mesos o els valors extrems de la temperatura observats al llarg d'un any, i altres dades del mateix estil.

Frares i capitans

Per completar la descripció del panorama de la meteorologia a Menorca en el segle XVIII, hem de parlar d'alguns fets que introdueixen dissonàncies en aquest quadre en forma de grups interessats per la meteorologia que no encaixen amb la visió sanitària que acabam d'oferir. Aquestes dissonàncies serien determinades per l'existència de personatges d'altres col·lectius, distints dels metges, interessats en els coneixements meteorològics per motius no sanitaris. Uns d'aquests personatges provenen d'un grup: els pilots de vaixells —dissonant en el nostre quadre, però no inesperat i, fins i tot, previsible—, que pel seu propi interès —per la seva pròpia seguretat al mar podríem dir— havien d'estar interessats pels coneixements meteorològics. La segona dissonància, però, és realment inesperada, ja que correspon a un grup, els frares, que en principi no es relacionen amb aquesta mena d'estudis. Començarem considerant la feina meteorològica d'aquests darrers pel que representa de singular.

La intervenció dels frares en aquest camp, la coneixem gràcies a una publicació de l'any 1839 —de la qual ens ocuparem més endavant— feta per un metge nord-americà anomenat Johnatan M. Foltz, que va exercir a Menorca, en què es parla de l'existència d'un registre de mesuraments de temperatura realitzats a Maó al llarg de més d'una centúria. Si aquesta afirmació fos correcta —i no tenim per què pensar el contrari, ja que Foltz explica que ha tingut oportunitat d'accedir personalment a aquestes anotacions— significaria que els mesuraments termomètrics a Maó haurien començat abans de l'arribada de Cleghorn, o contemporàniament.

Malauradament, Foltz, quan parla d'aquest registre de temperatures, no explica qui el va fer ni on es conservava, però, a un altre passatge del mateix llibre diu que uns frares menorquins, en el seu convent, s'han dedicat a realitzar observacions meteorològiques molt acurades. En aquest lloc del text, però, al revés del que ha fet abans, diu qui són els protagonistes, però no explica què han fet. Només diu que encara que li han mostrat el llibre de registre no hi ha pogut trobar dades relatives a la pluviositat.

Tot açò ens permet afegir un element poc comú a la història de la meteorologia menorquina. El paper dels convents, o almenys d'un determinat convent, en la recollida de dades meteorològiques al llarg del segle XVIII, ja que, per bé que del text de Foltz no puguem deduir amb tota seguretat que vagin ser els frares els autors de la sèrie centenària de mesuraments de temperatura, sí ens diu clarament que els frares efectuaven algun tipus d'observacions meteorològiques. El problema és saber a quins frares es refereix Foltz i què s'ha fet d'aquests registres.

Quant a la primera qüestió, la resposta sembla senzilla. Entre els documents de l'Arxiu Històric de Maó corresponents als convents de religiosos de Maó, i més concretament en aquells documents l'origen dels quals és el convent de carmelites de Maó, es trobava entre un plec de documentació diversa, algunes fulles amb anotacions meteorològiques, que l'autor no ha pogut localitzar, però de l'existència de les quals té

notícia.⁴ Per tant, sembla clar que aquests frares són els qui devien realitzar els mesuraments meteorològics.

La segona qüestió, en canvi, no presenta resposta definitiva, però es pot suposar que, si s'haguessin conservat totes les anotacions meteorològiques fetes durant el període de cent anys a què fa referència Foltz, aquestes haurien de trobar-se al mateix lloc on es troben les que hem esmentat al paràgraf anterior. Sobretot si es té en compte que és a l'Arxiu Històric de Maó on han anat a parar els llibres, manuscrits i arxius que formaven part de les biblioteques dels convents de Maó, que passaren a mans de la municipalitat quan aquests foren desamortitzats. Per tant, el fet que el llibre de registre meteorològic dels frares no estigui localitzat a l'Arxiu Històric de Maó fa creure, amb molta versemblança, que no es devia conservar en el seu moment.

Quant al segon grup, el dels marins, hi trobam documentats dos personatges amb interessos meteorològics clars, Andreu Rosas i Joan Roca. Del primer sabem poca cosa, només que havia nascut a Castell, havia servit a la reial armada espanyola com a alferes de fragata i, l'any 1808, morí a Ciutadella on havia ocupat el càrrec d'ajudant militar de marina i capità del port. El segon, més conegut com a capità Roca a causa de la seva professió, fou membre de la Societat Maonesa, a la qual ens hem referit abans, i avui és famós pel seu diari manuscrit on apuntà gairebé diàriament els succeïts més interessants —segons el seu lúcid judici— ocorreguts a la ciutat de Maó entre els anys 1776 i 1826.

La contribució del primer a la meteorologia, tot i que no tingué cap ressò que coneguem, fou la més original, ja que consistí en el disseny d'un dispositiu de la seva invenció per mesurar la força del vent. Segons la descripció que en fa el mateix autor, aquest aparell estava constituït, en essència, per un cercle de tela disposat a l'extrem d'un pal vertical, al qual anomenava l'*índex*, que podia girar entorn d'un eix. Quan el vent bufava i empenyia la tela, el pal s'inclinava cap avall, agafant major o menor inclinació segons la força del vent. Un llistó horitzontal, els extrems del qual podien lliscar damunt dos cercles graduats disposats verticalment a cada costat de l'aparell, era empès per l'*índex* amb el seu moviment cap avall. D'aquesta manera, la força del vent es traduïa en una mesura angular en els cercles graduats (Moll, 1920).

Un problema important era que els vents molt forts podien dur ràpidament l'*índex* a la posició horitzontal mentre que els fluixos gairebé no el separaven de la posició vertical. Per resoldre aquest problema, Andreu Rosas havia dissenyat un complicat sistema de politges i contrapesos que units a l'*índex* per unes cordes evitava que els vents molt forts el fessin superar, fàcilment, el màxim de l'escala i a la vegada permetia que tingués més sensibilitat als vents fluixos. Açò —que s'aconseguia variant la posició dels contrapesos i el punt d'ancoratge de les cordes que els unia a l'*índex*— suposava un augment o disminució de la resistència de l'*índex* al vent i, per tant, en la pràctica implicava la utilització de diverses escales, cadascuna determinada per una posició dels contrapesos i dels punts d'ancoratge.

Encara que l'autor pensava, i hem de creure que sincerament, que el seu era un dels primers instruments per realitzar aquesta mena de mesures, la realitat no era aquesta. De fet, ja durant el segle XVII s'havien construït aparells, per bé que molt simples, destinats a mesurar la força del vent tot emprant dispositius relacionables pel seu disseny amb l'ideat per Rosas. D'altra banda, durant el segle XVIII s'havien fabricat a França primitius anemòmetres de cassoletes, basats en principis diferents dels que sustentaven el treball de

⁴ Guillem Sintès (com. per).

Rosas. És a dir, que l'instrument, tot i essent original —almenys no hem estat capaços de localitzar cap referència a un dispositiu idèntic—, no és, ni de bon tros, el primer d'aquests instruments, com afirma l'autor.

Rosas, en el seu text, reconeix que l'aparell és molt complicat i poc precís. De fet és conscient que seria difícil construir dues versions de l'instrument que, sotmeses a un mateix vent, agafin, exactament, una mateixa inclinació i que, per tant, donin una mateixa lectura de l'angle. Així i tot pensa que persones més preparades que ell, que poguessin comptar amb l'ajut econòmic dels monarques il·lustrats, serien capaces de resoldre el problema, i que el seu invent podria arribar a ser «*en manos de estos mismos sabios un instrumento que dé notable impulso al progreso de la meteorología*».

Les coses, però, no varen anar així, i aquest tipus d'instruments per mesurar la força del vent no tingueren èxit i foren substituïts pels anemòmetres actuals que mesuren la velocitat, dels quals els de cassoletes són els més populars. L'invent de Rosas, però, ens és testimoni —si ens feia falta— de la preocupació dels homes de mar pels assumptes meteorològics. I el seu interès, a diferència del que movia els metges ambientalistes, es dirigia —com no podia ser d'altra manera— cap als vents i la seva força abans que cap a les qualitats dels vents.

La contribució de l'altre marí, el capità Roca, des d'alguns punts de vista fou molt menys rellevant que les anteriors, però va tenir unes característiques molt distintes de les de tots els casos que ens han ocupat fins aquí, per la qual cosa pensam que paga la pena esmentar-la. Es tracta que moltes de les anotacions del diari que Joan Roca va escriure al llarg de cinquanta anys,⁵ però no totes, comencen donant notícia de la direcció del vent i la seva força estimada qualitativament. A continuació, els dies que ha plogut, informa de les característiques de la precipitació, si fou forta o dèbil, i de l'hora en què es produí. També assenyala les tempestes i la seva intensitat, com també els danys causats pels llamps, quan n'hi ha. En darrer terme ofereix un comentari succint dels episodis meteorològics més singulars. Els valors termomètrics observats cada dia, no els dóna regularment, sinó que només es refereix a les sensacions de fred i calor. Nogensmenys, a la darrera època del diari, quan hi ha algun valor extrem de la temperatura que considera important, l'especifica a les seves anotacions i en aquest cas l'expressa en graus Reamur.

El que cal destacar aquí és que Roca, en el seu diari, ens dóna un nou enfocament del tema meteorològic: els fenòmens atmosfèrics són presents en el diari com a factor important en la vida de les persones. Així, un fet que crida l'atenció, quan hom llegeix el diari, és que les anotacions són sempre de pluges i vents, però, no de dies serens. La notícia és la pluja, i ho és perquè el camp en depèn: si arriba a temps o si es retarda, si és massa forta o si cau amb la intensitat justa. Les seves anotacions algunes vegades ho fan prou patent. Roca escriu: «pluja gran, molt desitjada» o també «pluja molt convenient pel blat». L'altra notícia és el vent, la seva direcció, que influeix en l'arribada i la sortida dels vaixells i, per tant, en el comerç. I naturalment, notícia són les forces desfermades de la naturalesa que destrueixen les collites i enfonsen els vaixells.

Per tant, Roca ens és testimoni d'una percepció dels seus contemporanis per als quals el temps meteorològic no tan sols era important pel fet de determinar d'alguna manera —encara que poc definida— l'estat vital dels homes —segons l'ambientalisme dels metges il·lustrats—, sinó que també afectava, d'una manera més concreta, les activitats productives de l'home i la seva vida quotidiana. Per açò ell ens parla de la pluja

⁵ A.H.M., U-323.

que fa créixer les collites, del vent que retarda la sortida dels vaixells del port i del llamp que mata el bestiar o, fins i tot, les persones, ja que aquests són els temes meteorològics importants per a la gent de l'època.

Ocàs de la meteorologia mèdica menorquina

El segle XIX va conèixer encara tres altres metges interessats per la meteorologia. Aquests metges eren d'origen molt divers i la seva relació amb Menorca fou dissemblant: un d'ells, Hernández Morejón, era castellà; un altre, Johnatan Foltz, nord-americà, i el darrer, Hernández Mercadal, menorquí.

Hernández Morejón, és un personatge il·lustre de la història de la medicina espanyola, que ocupà càtedres a les Universitats de València i Madrid, i fou, entre altres coses, consultor de la Suprema Junta de Sanitat i protometge general de l'exèrcit espanyol. Escriví nombrosos llibres de temàtica sanitària, i la seva obra emblemàtica fou la monumental *Historia bibliográfica de la medicina española*, la qual publicà en sis toms.

La seva relació amb Menorca li prové d'haver viscut uns pocs anys a l'Illa, a començaments del segle XIX, amb motiu d'haver estat nomenat per ocupar el càrrec de metge principal —una plaça equivalent, poc més poc menys, a la dels directors metges actuals— de l'hospital militar de l'illa del Rei, al port de Maó. Durant la seva estada a l'Illa, elaborà un manuscrit, avui conservat en els arxius de la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona, que duu per títol *Topografia del Hospital Militar de Mahon, idea de las ventajas que resultarían a la salud de la Guarnicion, y a los intereses del Erario, trasladandolo a la Isleta del Rey, a el recinto del Pueblo, con algunas reflexiones para mejorar el nuevo que se establezca, y todos los Hospits. Militares del Reyno*. Aquest manuscrit pretenia ser una topografia mèdica, però amb dues peculiaritats ben originals. La primera és que no estudiava un país, ni tan sols una regió extensa amb una població estable, sinó un illot de tot just 3 ha, situat a l'interior d'un port de l'illa de Menorca, aquesta mateixa no gaire gran. La segona peculiaritat és que, en aquest illot, només es desenvolupava una activitat ben específica derivada de l'existència d'unes instal·lacions hospitalàries destinades a acollir els malalts i ferits de l'exèrcit.

Tot açò fa que es tracti d'una topografia mèdica on hi ha molt poc sobre el medi natural del territori —en aquest cas només una parcel·la de terreny— i molt sobre l'ambient hospitalari determinat per l'estructura arquitectònica de les edificacions i per l'organització interna de l'hospital, com també per les deficients pràctiques higièniques imperants. En açò, però, s'assembla a les topografies mèdiques més avançades en el seu temps que veuen —com serà comú a totes les topografies mèdiques a partir de la segona meitat del XIX— en les causes socials, amuntegament de persones i manca d'higiene en els barris pobres de les grans ciutats, i en determinats locals com presons, asils per a pobres, i moltes vegades hospitals, el principal focus de malalties.

Malgrat el seu interès, però, no ens podem ocupar aquí dels aspectes mèdics del manuscrit d'Hernández Morejón, on analitza i critica la situació i organització de l'hospital militar de l'illa del Rei i descriu com s'hauria de construir racionalment un hospital d'aquest tipus per ser eficaç. Sí que ens ocuparem, en canvi, dels seus aspectes climàtics, ja que, malgrat tot, el clima continua gaudint d'un tractament especial en tot el manuscrit, pels problemes que creen als malalts les humitats, els freds i les calors i la natura dels vents que vénen a suavitzar o agreujar les altres «qualitats» de l'aire. Aquesta part del manuscrit, l'autor l'acompanya d'una taula on dóna les mesures termomètriques i baromètriques

màximes i mínimes obtingudes cadascun dels mesos de l'any 1804, amb unes anotacions sobre la quantitat de pluja caiguda durant el mes i els vents dominants. La taula, malauradament, és molt simple, i, mancats d'informacions addicionals, els valors no resulten, un cop més, fiables. En el cas de les temperatures no s'especifica quina escala s'empra, però els valors que dona ens permeten afirmar, amb gairebé tota seguretat, que es tracta una vegada més de l'escala Reamur. Quant a la pluja, no s'especifica amb quina unitat es mesuren les quantitats d'aigua caigudes als diferents mesos —fins i tot no queda clar si es tracta de dies de pluja o quantitats d'aigua caigudes— i qualsevol identificació que vulguem fer-ne amb una unitat més o menys corrent a l'època ens dona valors massa allunyats dels actuals per ser acceptable. L'única interpretació més o menys plausible, ja que tots els valors són inferiors a la desena i un dels valors més alts correspon al setembre, és que es tracta de dies de pluja forta. El més interessant de la taula d'Hernández Morejón és, una vegada més, la notícia que ens dona de la realització, per part d'algú, d'observacions regulars, ja que ens assabenta que la seva taula es confecciona com a resum del registre de les observacions que es fan tres vegades cada dia a l'hospital militar.

Malgrat algunes coincidències, no podem pensar que l'autor desconegut d'aquestes observacions regulars —avui perdudes— fos el mateix apotecari Joan Bals, ja que aquest començà a treballar a l'hospital militar el 1811, mentre que les observacions es feien ja abans de 1804. Tampoc no podem pensar que fossin les que l'apotecari va realitzar a casa seva a finals del segle XVIII, ja que Hernández Morejón diu que la sèrie que ell emprà és obtinguda a l'hospital militar mateix. L'autor d'aquestes observacions, per tant, devia ser possiblement algun metge o empleat de l'hospital, que ho devia fer o bé pel seu interès o bé, el que seria més probable, com a dades a ressenyar en els llibres de l'hospital juntament amb les incidències sanitàries diàries.

El següent autor a considerar aquí, Johnatan M. Foltz (1810-1877), fou un cirurgià nord-americà que exercí entre els anys 1839 i 1842 a l'hospital naval que la marina del seu país tenia establert a Menorca quan el port de Maó fou quarter general de l'estació mediterrània de la marina americana (1823-1849) (Foltz, 1931; Llabrés, 1969). Aquest sanitari, que arribà a ser cirurgià en cap de la marina americana, publicà un llarg article —que més tard s'edità com a llibre— amb el recull de les seves experiències a l'illa de Menorca. El treball, titulat *The Endemic Influence of Evil Government, illustrated in a View of the Climate, Topography, and Diseases of the Island of Minorca* (1842), s'inspirava, en part, en l'ambientalisme mèdic i, en part, introduïa nous aspectes no gens freqüents en les topografies mèdiques estàndard.

Així, el cirurgià nord-americà compara la situació sanitària de l'illa en el seu temps amb la que descriu Cleghorn —del qual es confessa gran admirador— cent anys abans i arriba a la conclusió que ha empitjorat notablement. Aquest deteriorament no podia ser causat pel clima ni per l'ambient natural, que se suposaven els mateixos que en temps del metge escocès; per tant, la conclusió, ben original, de Foltz és que el responsable del fenomen és el mal govern de Ferran VII, a qui culpa d'haver empobrit Menorca. A partir d'aquí, han vingut als seus habitants les patologies que els afecten.

Per justificar les seves afirmacions Foltz necessita demostrar que, realment, el clima no havia canviat a Menorca en el lapse de temps transcorregut des de l'època de Cleghorn. Per açò fa una descripció detallada del clima a la seva època i cerca descripcions anteriors fiables per comparar-les amb les seves i veure si el clima de Menorca ha canviat en els cent anys que van entre 1740 i 1840, punt que, com hem vist, és crucial per a les seves teories.

Per aquest motiu recorre a la sèrie de temperatures d'aquests cent anys que es conservava a Maó —com hem esmentat a un apartat anterior—, per obtenir els valors

mitjans per estacions i comparar-los amb els valors obtinguts en els anys de la seva estada a Menorca, i arriba a la conclusió que no s'hi detecta cap diferència. També diu que els vents bufen amb les mateixes característiques de força i direcció que en temps de Cleghorn.

Malgrat que l'enfocament del problema és correcte dintre dels paràmetres científics de l'època, és clar que els mètodes emprats per Foltz no eren prou, o no ho eren gens, fiables per enfrontar una investigació d'aquesta mena. En primer lloc, els mesuraments de la temperatura amb els termòmetres de què podien disposar els frares al segle XVIII, i amb les precaucions metodològiques que podien prendre, fan sospitar que l'error experimental podia ser prou important. Així la comparació dels valors mitjans obtinguts a partir d'aquesta sèrie amb els mesurats per Foltz —suposant que aquests darrers fossin correctes experimentalment— no podien confirmar ni invalidar la hipòtesi de canvi climàtic. Quant als vents, les afirmacions del cirurgià nord-americà són encara més agosarades, perquè hem vist com Cleghorn no va fer cap observació quantitativa dels vents i, per tant, les seves observacions difícilment es poden comparar amb d'altres, si no és a títol orientatiu i mai per detectar d'una manera fefaent un canvi en el règim de vents.

A part de la seva contribució estudiant el cas de Menorca, Foltz basà les seves conclusions en les de dos autors americans, S. Forry i N. Webster, que han estudiat el tema en altres indrets geogràfics més extensos i han arribat a la mateixa conclusió que ell, és a dir, que el clima no ha canviat.

Pot resultar curiós que Foltz, per justificar la seva hipòtesi politicoambientalista, prengué la precaució de comprovar que no s'havia produït cap canvi climàtic, noció que en el nostre segle sempre es relaciona amb activitats antropogèniques. L'explicació, l'hauríem de cercar, segurament, en el fet que, a principis del segle XIX, encara devia ser viu el record del fenomen que avui coneixem com a «petita Edat del Gel» que va suposar una disminució important de temperatures a Europa entre l'inici del segon mil·lenni i principis del segle XVIII. Des d'aquest punt de vista, les conclusions a què arribaren Foltz i els altres investigadors estaven equivocades, ja que realment les temperatures hivernals eren diferents de les de feia dos-cents anys, encara que probablement la diferència entre les que eren característiques de l'Illa a l'època de Cleghorn i les de l'època de Foltz, només cent anys, eran massa petites per ser detectades experimentalment amb les possibilitats tècniques de l'època.

El darrer personatge que ocuparà la nostra atenció és el metge Rafael Hernández Mercadal. Malgrat que cronològicament l'hauríem d'haver col·locat en el segon lloc, el fet que va projectar la seva obra al llarg de tota la primera meitat del segle fa que sigui més convenient ocupar-nos-en com a cloenda d'aquesta època.

Hernández Mercadal estudià medicina i es graduà amb el títol de doctor a la Universitat de Montpeller, l'any 1806. Tornà a Menorca el mateix any de la seva graduació i hi exercí la professió durant la resta de la seva vida. Escriví nombrosos treballs sobre temes mèdics, i molt especialment sobre temes relacionats amb la salut pública i la lluita contra les epidèmies. D'aquests treballs, se n'han publicat alguns, d'altres s'han conservat manuscrits en l'arxiu de la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona, i d'altres han desaparegut.

Entre els treballs d'Hernández Mercadal que varen anar a la impremta, n'hi ha un que ens interessa aquí molt especialment. Es tracta d'un petit llibre que recull la dissertació que preparà per obtenir el grau de doctor en medicina a Montpeller. El seu títol és *De l'air et de ses propriétés physiques et chimiques, du rôle qu'il joue dans les différentes respirations, et des constitutions médicales*, i fou editat l'any 1806, a Montpeller, per G. Tournel. En aquest treball, Hernández Mercadal, seguint els corrents mèdics

ambientalistes, dedicava bona part del seu estudi a parlar d'aspectes climàtics i meteorològics.

El que resulta interessant en aquesta publicació és que l'autor, a més de dedicar, com sempre, un capítol a les constitucions atmosfèriques, és a dir, a l'estudi dels diversos conjunts de qualitats que pot presentar l'aire atmosfèric, que el fan susceptible d'actuar sobre l'estat de salut de les persones, dedica els dos primers capítols a desenvolupar —encara que molt sumàriament— el que avui denominaríem un petit tractat de física atmosfèrica. Així Hernández Mercadal, després d'unes pàgines en què parla de les propietats físiques de l'aire, dedica el primer capítol a l'estudi de les característiques i la naturalesa dels diferents meteors atmosfèrics —encara que, seguint les idees de l'època, inclou en l'estudi no tan sols fenòmens pròpiament atmosfèrics, sinó també fenòmens externs que afecten l'atmosfera, com els volcans. En el segon capítol passa revista detallada a les característiques químiques de l'aire atmosfèric, i els dos darrers es dediquen als aspectes mèdics.

El treball, però, no conté massa contribucions originals, ja que les dissertacions per obtenir el grau de doctor en aquella època consistien bàsicament en un treball de síntesi referit a un tema més o menys nou, realitzat a partir dels escrits dels autors que havien tractat el tema i amb l'afegit d'algunes reflexions pròpies de l'aspirant a grau. Malgrat tot, creiem que s'ha d'esmentar aquí, perquè és un altre autor menorquí que s'ocupa de temes meteorològics i l'únic de qui sabem que, en els seus estudis, rebé una preparació específica sobre el tema. A més, se suposa, que, d'alguna manera, els interessos dels mateixos alumnes devien intervenir a l'hora d'elegir el tema per a la dissertació de graduació, i, per tant, la tria en el cas del metge menorquí seria una prova del seu interès pels corrents de l'ambientalisme mèdic, cosa que, d'altra banda, també ens corroboren altres escrits seus.

Segons Bover (1868), Hernández Mercadal és autor d'unes *Observaciones meteorológicas medicales de Menorca*, que no sabem si arribà a publicar, però que foren conegudes i esmentades per un metge francès, L' Auvergne, que historià la conquesta francesa d'Argèlia. També sabem, perquè el mateix autor ho explica moltes vegades, que preparava una *Topografia de Menorca*, que no arribà a finalitzar, però sí que va recollir totes les dades i documents necessaris per fer-ho, material que devers els anys seixanta del segle passat es conservava relligat en sis toms de mida foli (Bover, 1868). Encara que no hi ha cap descripció d'aquests volums, hem de suposar, atès el caràcter ambientalista de les topografies mèdiques, que entre aquesta documentació hi devia haver abundants referències al clima.

En darrer terme, tenim notícia que preparà uns informes sanitaris setmanals, a partir de 1855, d'acord amb el Codi Sanitari promulgat a l'època, en els quals representava un paper destacat el tema meteorològic (Aristoy, 1946). Aquests documents, que devia preparar pel fet d'ocupar el càrrec de subdelegat de medicina de Menorca, constaven d'un sol full. En la part davantera es reproduïa l'estadística setmanal de malalts, classes de malalties i gravetat, com també el nombre de defuncions. En la part posterior es donaven les dades meteorològiques de cada dia de la setmana, obtingudes amb observacions a l'alba, al migdia i a la nit, sense especificar les hores exactes en què s'havien fet. Les observacions només feien referència a la temperatura, mesurada com sempre en una escala de Reamur, a la pressió atmosfèrica, mesurada en polzades, i als vents. D'aquests darrers, només se n'assenyalava el quadrant d'on bufaven sense especificar direcció concreta dintre del quadrant, demostrant una vegada més que les mesures es feien per interès sanitari ja que, des del punt de vista mèdic, aquesta dada era suficient per conèixer la «qualitat sanitària» de l'aire. En darrer terme s'oferia una descripció de les incidències meteorològiques del dia (boires, núvols, brises, etc.).

Hernández Mercadal morí l'any 1857, però hem de suposar que el seu successor en el càrrec de subdelegat devia continuar amb els mesuraments meteorològics. En tot cas, però, no en tenim cap notícia ni se n'ha conservat cap document. Així, Rafael Hernández és el darrer membre conegut d'aquesta llarga sèrie de sanitaris que, partint de Cleghorn, arriba fins a ell i desenvolupa la meteorologia observacional a Menorca amb l'objecte de determinar les característiques climàtiques de l'Illa, coneixement necessari, segons Hipòcrates, per dur endavant la tasca terapèutica.

A partir d'aquest moment —i encara que en el procés també intervé algun sanitari— la meteorologia es desenvoluparà a Menorca com a ciència autònoma, d'interès per si mateixa i orientada cap a la predicció del temps, i no per a la previsió de la natura de les malalties. Aquesta és, si més no, la postura dels nous observadors que apareixen, un després de l'altre, al llarg de la segona meitat del segle —Archibald Remy (m. 1863), Joaquim Carreras i Maurici Hernández Ponsetí (1859-1932), el darrer dels quals perllonga la seva activitat fins ben entrat el segle XX. Carreras i, sobretot, Hernández Ponsetí obtenen els seus mesuraments i els trameten a institucions de fora de l'Illa i, fins i tot, de fora de l'Estat espanyol. D'aquesta manera foren col·laboradors en els incipients estudis globals dels estats atmosfèrics que marquen els inicis de la meteorologia sinòptica. És precisament al final d'aquesta successió d'observadors quan apareix la figura de Josep M. Jansà que continuarà, gairebé en solitari, la tasca iniciada pels seus antecessors i li donarà, d'una banda, forma plenament moderna, i, d'altra, la completarà, per primera vegada, amb estudis d'índole teòrica.

Referències

- ARISTOY SANTO, F. (1944). «El parte sanitario semanal de Mahón en 1856». *Revista de Menorca*, 1944, 376-379.
- BOVER, J. M. (1868). *Biblioteca de escritores Baleares*. Palma: Impremta de P. J. Gelabert.
- FERRER ALEDO, J. (1946). «Informe de flora medicinal menorquina del año 1774». *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 4, 651-654.
- FOLTZ, C. S. (1931). *Surgeon of the seas*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- LLABRÉS, J. (1969): *El Dr. Foltz de la marina norteamericana en Mahón. 1839-1841 y 1867*. Palma.
- MOLL, F. B. (1920). «Un anemómetro inventado en Menorca». *Revista de Menorca*, 1920, 365-376.
- RIERA I TUÈBOLS, S. (1985). *Ciència i tècnica a la il·lustració: Francesc Salvà i Campillo (1751-1828)*. Barcelona: Edicions de La Magrana.
- VALLRIBERA, P.; ESCUDÉ, M. M. (1995). «L'obra manuscrita de Miquel Oleo i Quadrado a la Reial Acadèmia de Medicina de Barcelona» dins *Actes del catorzè Congrés de Metges i Biòlegs de Llengua catalana*, 719-731. Palma: UIB.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1991). «George Cleghorn: una aproximació a la seva vida i a la seva obra». *Revista de Menorca*, III, 351-372.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1992). «Ciència i societat a Menorca al tombant dels segles XVIII-XIX». *Randa*, 31, 97-129.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1993). *La ciència de la meteorologia a Menorca al llarg del segle XVIII*. Ciutadella: Monografies Menorquines, 68.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1994). «George Cleghorn, un metge britànic a la Menorca setcentista» dins CAMARASA, J. M.; MIELGO, H. i ROCA, A. (coord.): *I trobades d'història de la ciència i de la tècnica*. Barcelona: SCF, IME, SCHCT.

**Bibliografia sobre
meteorologia i
clima de les illes
Balears**

Bartomeu Barceló i
Pons
*Institut d'Estudis
Catalans*

Territoris (1998), 1:
331-401

Bibliografia sobre meteorologia i clima de les illes Balears

Bartomeu Barceló i Pons

de l'Institut d'Estudis Catalans

Resum

Este trabajo de recopilación bibliográfica forma parte de uno más extenso, en vias de realización, sobre temas de interés geográfico referentes a las Baleares en el que se llevan recogidas unas 8.000 autorias. Por esto lo que hoy publicamos tiene un caracter de provisionalidad y debe ser completado y corregido. El objetivo es facilitar la orientación bibliográfica y enmendar los defectos de algunas bibliografias existentes sesgadas a los intereses de sus autores. Cuando aparecen varios autores y a fin de evitar lecturas equívocas sobre la importancia de la autoría, estos se han dispuesto por orden alfabético i con referencias de todos ellos. Se ha adoptado una clasificación temática a partir de la clasificación decimal que recoge el "Boletín de Bibliografía Meteorológica de la Biblioteca del Servicio Meteorológico Nacional" que se publica trimestralmente desde 1947, introduciendo las agregaciones o desagregaciones que convenían a las referencias disponibles. Asimismo los trabajos vienen clasificados por el espacio afectado: Mediterráneo, Islas Baleares, Isla de Mallorca, Isla de Menorca e Islas Pitiusas.

Abstract

This paper on bibliographical compilation is only part of a longer one, which is being performed, with already 8.000 references, on themes of geographical interest on the Balearics. This is why, what we are now publishing has a character of provisionality and should be completed and accurated. Its aim is to ease the bibliographical orientation and amend the defects of some existents bibliographies, which are biased to the interests of its authors. When some authors appear, they have been ordered alphabetically, in order to prevent wrong interpretations on the importance of the authorship, and with references to all of them. The decimal classification of the Bulletin of Meteorological Bibliography of the National Meteorological Service Library, which is published each three months since 1947, has been adopted as thematic classification system. However, aggregations and segregations have been introduced, according to the available references. Likewise, the works are classified according to its spatial scope: the Mediterranean, the Balearic Islands, the island of Majorca, the island of Minorca and the Pitiusian islands.

Recepció del manuscrit, Abril de 1997

Justificació

Aquest aplec bibliogràfic sobre meteorologia i clima de les illes Balears forma part d'un treball molt més extens, en vies de realització, sobre bibliografia d'interès geogràfic per a les nostres illes i en el qual, de moment, es duen recollides prop de vuit mil autories. Això vol dir que el que avui publicam té un caràcter de provisionalitat perquè s'han de

completar i, evidentment, corregir les mancances o errors que, inevitablement, es puguin haver introduït, malgrat la cura amb què s'ha treballat.

L'objectiu d'aquesta vasta recopilació és posar a l'abast dels investigadors una bibliografia com més completa millor sobre els temes que poden aportar informació a l'anàlisi geogràfica de les Balears. Amb això es facilitaria la feina de recopilació del que s'ha escrit sobre un tema determinat i fer un estat de la qüestió abans d'iniciar una investigació. Però també aportar una informació que permeti valorar les referències bibliogràfiques que alguns acadèmics introdueixen a la seva obra i que, lluny d'informar, tendeixen a destacar el seu dubtós protagonisme, enfatitzant la seva obra i amagant les referències que podrien posar en evidència la seva buidor científica. Uns exemples podrien ser la bibliografia que acompanya la convocatòria del concurs del Parc BIT (Conselleria d'Hisenda) o la que s'inclou a *Economía de las Comunidades Autónomas. Baleares* (Sa Nostra). La nostra bibliografia vol ésser una referència objectiva per fer una anàlisi crítica d'aquests comportaments.

He observat que des de 1984, en alguns departaments, a vegades succeeix que quan un treball té més d'un autor, aquests se citen en un ordre que no correspon a la importància de l'autoria, sinó al seu «poder» acadèmic. Així, em consta que hi ha casos en què l'autor que apareix en primer lloc no ha fet res o ha fet molt poca cosa en en el treball que se cita, però és el que comanda, i el darrer és el que s'ha carregat la feina. Per evitar aquesta lectura que comporta confusió, hem adoptat la forma de, quan hi ha diferents autors i no s'especifica el grau d'autoria d'un o altre, posar-los per ordre alfabètic i fer una fitxa de referència dels autors que no ocupen el primer lloc.

Presentam aquesta bibliografia sobre la meteorologia i el clima de les illes Balears segons la classificació temàtica.

Aquesta classificació planteja una certa dificultat. Indubtablement la CDU, per la seva internacionalitat, pareix el sistema de classificació més adient, però tractant-se d'una bibliografia limitada i referent a un espai molt concret, com és el nostre cas, té certes dificultats d'escala. A més, hi ha altres classificacions bibliogràfiques temàtiques que difícilment són homologables, tal com la *Nomenclatura Internacional para los Campos de la Ciencia y la Tecnología* de la UNESCO. Però l'ús de la mateixa CDU no és simple i hi ha nombroses publicacions que la desenvolupen, les més interessants de les quals són *La classification des livres géographiques et des cartes et l'emploi de la Classification Décimale Universelle (C.D.U.) en géographie*, d'E. Meynen, i la *Topical geography. Decimal classification additions, notes et decisions*, de la Library of the Congress dels EUA. Altres obres que podríem citar són les d'E. Meynen (1956), G. R. Crone (1956), A. C. Gerlach (1961), R. F. Portes (1964) o les publicacions que periòdicament edita la Fédération Internationale de Documentation (FID) destinades a millorar l'ús de la CDU.

Per a la bibliografia que avui presentam, després d'analitzar els diferents criteris de classificació, hem adoptat com a punt de partida la CDU de meteorologia (551.5) que utilitza el *Boletín de Bibliografía Meteorológica de la Biblioteca del Servicio Meteorológico Nacional*, que es publica trimestralment des de 1947, introduint les agregacions o desagregacions que convenien a les referències disponibles, i que queda de la següent manera:

Classificació temàtica

Aplecs bibliogràfics	Neu
Mètodes d'observació i càlcul	Sequeres
Dades periòdiques d'observació	Estudis globals del clima
Predicció del temps	Estudis locals del clima
Dinàmica de l'atmosfera	Paleoclimes i climes històrics
Masses d'aire i fronts	Meteorologia i oceanografia
Pertorbacions	Clima i carst
Ciclons i ciclogènesi	Meteorologia i hidrologia
Condicions atmosfèriques	Òptica atmosfèrica i visibilitat
Radiació	Clima i vegetació
Temperatura	Clima i activitats agràries
Pressió	Clima i medi ambient
Vent	Clima i població
Núvols	Clima i turisme
Plugues	Clima i etnologia

Molts dels treballs inventariats poden situar-se en diverses classificacions temàtiques. En aquesta ocasió els hem situats en el lloc en què pensam que poden tenir més protagonisme. Dins cada una de les classificacions temàtiques hem distingit l'espai a què fan referència els treballs: Mediterrani, illes Balears, illa de Mallorca, illa de Menorca i illes Pitiüses. Aquí hem de manifestar que l'àrea mediterrània no és un objectiu de la nostra bibliografia, però la hi incloem perquè hi ha temes d'interès per a les Balears que per la seva magnitud han de tractar-se a l'escala del Mediterrani occidental, com pot ser l'estudi dels ciclons i la ciclogènesi o els que relacionen la meteorologia i l'oceanografia.

Finalment hem inclòs, en aquesta classificació temàtica, la bibliografia de l'obra de Josep M. Jansà Guardiola.

Vull donar les gràcies al Centre Meteorològic de les Balears i al seu director, Agustí Jansà, per facilitar-me la consulta de la seva rica biblioteca i arxiu i els bons consells rebuts en el decurs de la confecció d'aquesta bibliografia.

L'autor agrairà qualsevol indicació que millori aquest treball, com puguin ser completar les referències, corregir errors, cobrir deficiències, etc. Podeu adreçar-vos a l'adreça electrònica bbarcelo@redestb.es.

Referències

- MEYNEN, E. (1956). *Proposal for a revision of the Group U.D.C. 91-Geography*. International Geographical Union, Commission on the Classification of Books and Maps in Libraries. 9th General Assembly and 18th International Geographical Congress, Bad Godesberg Institut für Landeskunde, Rio de Janeiro.
- CRONE, G. R. (1956). *Existing classification Systems*. Rapport de la Commission pour la classification des livres et des cartes dans les bibliothèques. Union Géographique Internationale. XVIIIème Congrès Internationale de Géographie, Rio de Janeiro, 5-28 d'agost de 1956.
- LIBRARY OF CONGRESS. PROCESSING DEPARTMENT. DECIMAL CLASSIFICATION OFFICE (1960). *Topical geography. Decimal Classification additions, notes et decisions* 1, 5 (març).
- GERLACH, A. C. (1961). *Géography and Map Cataloguing and Classification in Libraries-Special Libraries*, 52 (maig-juny).
- PORTER, R. F. (1964). «The Library Classification of Geography». *Geographical Journal* 130, 1, 109-112.

Sigles utilitzades

BCOCINP: *Boletín de la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca*.

BSAL: *Bolletí de la Societat Arqueològica Luliana*. Palma.

RBMFV: *Revista Balear de Medicina, Farmacia y Veterinaria*. Palma.

S. A.: sense autor.

ÍNDIX PER MATÈRIES

APLECS BIBLIOGRÀFICS

MEDITERRANI

- ALBENTOSA, L. M. (1980). «Bibliografía de climatología i meteorología de Catalunya». *Revista de Geografia*, 14, 127-159. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- Boletín de Bibliografía Meteorológica de la Biblioteca del Servicio Meteorológico Nacional*. Instituto Meteorológico Nacional. Madrid. 1974-actualitat. Trimestral. Núm. 1: octubre-desembre de 1974.
- HUERTA, F. (1984). *Bibliografía meteorológica española*. 3a. edició. Instituto Meteorológico Nacional, 458. Madrid.

ILLES BALEARS

- GRIMALT GELABERT, M.; LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1995). *Ciències Socials a les Illes Balears. Bibliografía Bàsica, 3: Geografía física. Climatología i Meteorología*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear, 130. Palma. És sorprenent com la Conselleria de Cultura del Govern Balear ha publicat un treball tan deficient com aquest.
- GRIMES, A. E. (1963). *Anotated bibliography on the climate of the Balearic Islands*. CUS, 51. Washington.
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1995). «Cincuenta años de Boletín Mensual Climatológico». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 50, 121-129.
- LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1995). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Laita Ruiz de Asúa, M. (1995).
- S. A. (1956). «Trabajos publicados en el *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares* durante el periodo de 1943-1955». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 161 i 162, s. p. Zona Aèrea de Baleares. Palma.

MÈTODES D'OBSERVACIÓ I CÀLCUL

ILLES BALEARS

- ÁLVAREZ ALEÑAR, J. (1902). *Las Islas Baleares (en especial la de Mallorca), estación climatológica del Mediterráneo en el año 1900*. Colomar, 48. Palma. És una separata de la *Revista Balear*.
- BIBILONI, P.; CALVIÑO, C.; RAMIS NOGUERA, C. (1987). *Quaderns d'observació meteorològica bàsica (Nivell A i B)*. Miquel Font Editor. Palma.
- CALVIÑO, C. (1987). Veg. Bibiloni, P.; Calviño, C.; Ramis Noguera, C. (1987).
- FONT TULLOT, I. (1943). *Primeros resultados de los sondeos termodinámicos de la troposfera en Baleares*. Sèrie A-14, 36. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1944). «Instrucción para los observadores. Evaporimetría». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 21 i 22, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1959). «Información sobre el Centro (Meteorológico de Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 193 i suplement del 194, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- RAMIS NOGUERA, C. (1987). Veg. Bibiloni, P.; Calviño, C.; Ramis Noguera, C. (1987). S. A. (1945). «Lista de Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 27, 28, 29, 30 i 32, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1948). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1948». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 61, 62, 63 i 64, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1949). «Dependencias del Centro Meteorológico de Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 82, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1950). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1950». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 85, 86 i 87, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1951). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1951». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 97, 98 i 99, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1952). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1952». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 109, 110 i 111, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1953). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1953». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 121, 122 i 123, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1954). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1954». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 134 i 135, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1955). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1955». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 146, 147 i 148, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1956). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1956». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 159, 160 i 161, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1957). «Señores Colaboradores de la Red Climatológica (de Baleares) a 1 de Enero de 1957». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 171, 172 i 173, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1968-1969a). «A nuestros lectores (Informació de Balears)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares XXVI*, 301, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1968-1969b). «Noticiero de la red (Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares XXVI-XXVII*, 302-312; 313, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1972). «Noticia (del Centro Meteorológico de Baleares)». *Estado general del tiempo durante el mes de Septiembre de 1972 XXX*, 357 (setembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

ILLA DE MALLORCA

- RAMIS NOGUERA, C. (1995). «Las observaciones de la atmósfera en Mallorca: Una breve historia y algunos resultados». *Rev. Cien.*, 17, 41-58.
- ROSSI, B. (1940). «Sulla rappresentatività della stazione meteorologica di Monte Randa nell'isola di Mairoica». *Revista di Meteorologia Aeronautica* IV, 3, 35-44.

ILLA DE MENORCA

- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1914). «Mejora importante para Menorca. Informaciones meteorológicas». *Revista de Menorca* IX (V època), 137-138. Maó.
- MOLL CASASNOVAS, F. DE B. (1920). «Un anemómetro inventado en Menorca». *Revista de Menorca* XV (V època), 365-376. Maó.
- TERRÉS PONS, F. (1950). «Una década de climatología». *Menorca*, 27-IV-1950. Maó.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1993). *La ciència de la meteorologia a Menorca al llarg del segle XVIII*. Ciutadella. (Monografies Menorquines, 68) 60.

DADES PERIÒDIQUES D'OBSERVACIÓ

MEDITERRANI

- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1992). *Proceso de depuración de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas españolas correspondientes a la fase de campo PYREX*. SEPAMA, MOPT, 74.

ILLES BALEARS

- CENTRO METEOROLÓGICO DE BALEARES. *Boletín diario*. Palma. De difusió restringida. Ja no es publica.
- (1943): *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*. Palma. Es publica des de 1943 i continua a l'actualitat.

ILLA DE MALLORCA

- DURÁN PERELLÓ, M. (1992). *Estación Meteorológica Son Estaràs. B-675. Resumen anual 1991*.
- (1993). *Estación Meteorológica Son Estaràs. B-675. Resumen anual 1993*.
- (1994). *Estación Meteorológica Son Estaràs. B-675. Resumen anual 1994*.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1949). «Estadística completa del clima de Palma de Mallorca (1900-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81 i 82, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- MUNTANER BUJOSA, A. (1992). «Climatología de Valldemossa (De Gener a Desembre de 1991)». *Miramar. Revista trimestral* 11, 13. OCB. Valldemossa.
- (1994). «Climatología de Valldemossa (De Gener a Desembre de 1993)». *Miramar. Revista trimestral* 19, 8. OCB. Valldemossa.
- PASTOR, M. (1990). «Pluviometria (a Sant Joan), el mes de _____ de 1990». *Mel i Sucre*, 115-125 (gener: 115, 12-13; febrer: 116, 16-17; març: 117, 14-15; abril: 118,

- 16-17; maig: 119, 10-12; juny: 120, 20-21; juliol: 121, 16-17; agost: 122, 14-15; setembre-octubre: 124, 10-11; novembre: 125, 12-13). OCB. Sant Joan.
- (1991). «Pluviometria (a Sant Joan). Resum de l'any 1990». *Mel i Sucre*, 127, 9-11. OCB. Sant Joan.
- S. A. (1887). «Resumen de las observaciones meteorológicas de Marzo a Septiembre de 1887 (En Palma)». *RBMFV* III, 753. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.
- (1894). «Boletín Meteorológico. _____ de 1894. Observaciones a las nueve de la mañana; esquema por días del mes, barómetro, termómetro, dirección y fuerza del viento, estado del cielo y del mar (en Palma)». *RBMFV* X, 160 (gener), 192 (febrer), 224 (març), 320 (abril), 384 (maig), 448 (juny), 512 (juliol), 576 (agost), 640 (setembre), 703 (octubre), 735 (novembre), 753 (desembre). Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.
- (1895). «Boletín Meteorológico. _____ de 1895. Observaciones a las nueve de la mañana; esquema por días del mes, barómetro, termómetro, dirección y fuerza del viento, estado del cielo y del mar (en Palma)». *RBMFV* XI, 128 (gener), 224 (febrer), 320 (març), 352 (abril), 367 (maig), 484 (juny), 516 (juliol), 548 (agost), 676 (setembre), 708 (octubre), 740 (novembre). Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.
- (1897). «Meteorología. Resumen por meses de Mayo de 1895 a Julio de 1896». *RBMFV* XIII, 206-207. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.
- (1983). «Dades meteorològiques. Observació: Escola de Sant Joan, nivell 8è». *Mel i Sucre*, 42, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1984a). «Dades meteorològiques. Mes de Febrer. Observació: Escola de Sant Joan, nivell 8è d'EGB». *Mel i Sucre*, 45, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1984b). «Gràfiques meteorològiques (Octubre de 1983 a Juny de 1984)». *Mel i Sucre*, 49, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1986). «Precipitacions 1945-1977 (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 75, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1996). *Valores normales y estadísticos de las estaciones principales (1961-1990). Observatorio Meteorológico de Pollensa. Aeródromo. K-85*, 56. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

ILLA DE MENORCA

- CARRERAS, J.; HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1900). «Observaciones meteorológicas efectuadas en Mahón, Isla de Menorca. (1865-1898)». *Boletín de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona* I (III època), 30, 623-626. Barcelona.
- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1888). «Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en Mahón durante el primer semestre de 1888». *Revista de Menorca* I (I època), 16. Maó.
- (1888-1889). «Observaciones meteorológicas en Mahón correspondientes al mes de _____ de 1888». *Revista de Menorca* I (I època), VII: 32; VIII: 48; IX: 64; X: 80; XI: 96; XII: 112. Maó.
- (1889-1890). «Observaciones meteorológicas en Mahón correspondientes al mes de _____ de 1889». *Revista de Menorca* I (I època), I: 128; II: 144; III: 160; IV: 176; V: 192; VI: 208; VII: 224; VIII: 240; IX: 256; X: 272; XI: 288; XII: 304. Maó.
- (1890 i 1896-1897). «Observaciones meteorológicas en Mahón correspondientes al mes de _____ de 1890». *Revista de Menorca* I (I època) i I (II època), I (I època): I:

- 320, II: 336, III: 325, IV: 368, V: 384, VI: 400, VII: 416, VIII: 432, IX: 448, X: 464; I (II època): XI: 80, XII: 81. Maó.
- (1898). «Observaciones meteorológicas (en Mahón) correspondientes al ____ trimestre de 1898». *Revista de Menorca* I (III època), I: 52; II: 91; III: 133; IV: 183. Maó.
- (1899). «Observaciones meteorológicas (en Mahón) correspondientes al ____ trimestre de 1899». *Revista de Menorca* II (III època), I: 56; II: 105; III: 161; IV: 201. Maó.
- (1900). Veg. Carreras, J.; Hernández Ponseti, M. (1900).
- (1902). «Observaciones meteorológicas (en Mahón) correspondientes al ____ trimestre de 1902». *Revista de Menorca* I (IV època), I: 56; II: 92; III. Maó.
- (1906). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1906». *Revista de Menorca* I (V època), I: 50-51; II: 52-53; III: 90-91; IV: 126-127; V: 194-195; VI: 226-227; VII: 262-263; VIII: 294-295; IX: 330-331; X: 336-337; XI: 296-297; XII: 398-399. Maó.
- (1907). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1907». *Revista de Menorca* II (V època), I: 48; II: 92; III: 115; IV: 153; V: 184; VI: 221; VII: 250; VIII: 282; IX: 333; X: 363; XI: 393; XII: 403. Maó.
- (1908). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1908». *Revista de Menorca* III (V època), I: 64; II: 98; III: 134; IV: 164; V: 214; VI: 253; VII: 287; VIII: 328; IX: 363; X: 405; XI: 429; XII: 430. Maó.
- (1909). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1909». *Revista de Menorca* IV (V època), I: 56; II: 94; III: 122; IV: 164; V: 192; VI: 222; VII: 252; VIII: 291; IX: 348; X: 349; XI: 380; XII: 381. Maó.
- (1910). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1910». *Revista de Menorca* V (V època), I: 56; II: 87; III: 120; IV: 152; V: 184; VI: 216; VII: 248; VIII: 280; IX: 312; X: 352; XI: 376; XII: 377. Maó.
- (1911). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1911». *Revista de Menorca* VI (V època), I: 56; II: 120; III: 152; IV: 184; V: 216; VI: 248; VII: 280; VIII: 312; IX: 348; X: 376; XI: 409; XII: 418. Maó.
- (1912). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1912». *Revista de Menorca* VII (V època), I: 64; II: 88; III: 128; IV: 160; V: 198; VI: 232; VII: 264; VIII: 296; IX: 328; X: 360; XI: 387; XII: 396. Maó.
- (1913). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1913». *Revista de Menorca* VIII (V època), I: 72; II: 104; III: 136; IV: 168; V: 200; VI: 224; VII: 272; VIII: 304; IX: 340; X: 372; XI: 396; XII: 397. Maó.
- (1914). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1914». *Revista de Menorca* IX (V època), I: 64; II: 96; III: 112; IV: 144; V: 184; VI: 208; VII: 240; VIII: 272; IX: 304; X: 380; XI: 398; XII: 403. Maó.
- (1915). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1915». *Revista de Menorca* X (V època), I: 48; II: 80; III: 120; IV: 160; V: 176; VI: 224; VII: 240; VIII: 272; IX: 312; X: 356; XI: 374; XII: 383. Maó.
- (1916). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1916». *Revista de Menorca* XI (V època), I: 24; II: 64; III: 128; IV: 144; V: 176; VI: 208; VII: 240; VIII: 272; IX: 384; X: 385; XI: 386; XII: 414. Maó.
- (1917). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1917». *Revista de Menorca* XII (V època), I: 48; II: 96; III: 128; IV: 160; V: 192; VI: 228; VII: 264; VIII: 296; IX: 351; X: 359; XI: 381; XII: 388. Maó.
- (1918). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de ____ de 1918». *Revista de Menorca* XIII (V època), I: 40; II: 56; III: 72; IV: 96; V: 116; VI: 132; VII: 148; VIII: 179; IX: 180; X: 196; XI: 257; XII: 258. Maó.

- (1919). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1919». *Revista de Menorca* XIV (V època), I: 39; II: 76; III: 92; IV: 108; V: 148; VI: 176; VII: 200; VIII: 224; IX: 283; X: 284; XI: 375; XII: 376. Maó.
- (1920). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1920». *Revista de Menorca* XV (V època), I: 56; II: 88; III: 128; IV: 160; V: 192; VI: 228; VII: 256; VIII: 296; IX: 344; X: 345; XI: 346; XII: 381. Maó.
- (1921). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1921». *Revista de Menorca* XVI (V època), I: 64; II: 96; III: 128; IV: 160; V: 192; VI: 224; VII: 256; VIII: 288; IX: 320; X: 352; XI: 396; XII: 397. Maó.
- (1922). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1922». *Revista de Menorca* XVII (V època), I: 64; II: 96; III: 128; IV: 160; V: 192; VI: 224; VII: 256; VIII: 288; IX: 320; X: 356; XI: 385; XII: 386. Maó.
- (1923). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1923». *Revista de Menorca* XVIII (V època), I: 32; II: 64; III: 96; IV: 128; V: 160; VI: 190; VII: 224; VIII: 256; IX: 288; X: 351; XI: 352; XII: 384. Maó.
- (1924). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1924». *Revista de Menorca* XIX (V època), I: 66; II: 98; III: 130; IV: 162; V: 194; VI: 226; VII: 258; VIII: 290; IX: 319; X: 401; XI: 402; XII: 403. Maó.
- (1925). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1925». *Revista de Menorca* XX (V època), I: 99; II: 100; III: 132; IV: 164; V: 196; VI: 232; VII: 264; VIII: 321; IX: 322; X: (1926, XXI, 63); XI: 417; XII: 418. Maó.
- (1926). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1926». *Revista de Menorca* XXI (V època), I: 64; II: 96; III: 128; IV: 160; V: 192; VI: 224; VII: 288; VIII: ; IX: 320; X: 352; XI: 384; XII: 385 (corregit el 1927, XXII, 31). Maó.
- (1927). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1927». *Revista de Menorca* XXII (V època), I: 32; II: 64; III: 127; IV: 128; V: 160; VI: 192; VII: 224; VIII: 287; IX: 288; X: 351; XI: 352; XII: 385. Maó.
- (1928). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1928». *Revista de Menorca* XXIII (V època), I: 32; II: 64; III: 96; IV: 128; V: 160; VI: 192; VII: 224; VIII: 256; IX: 288; X: 380; XI: 381; XII: 382. Maó.
- (1929). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1929». *Revista de Menorca* XXIV (V època), I: 34; II: 62; III: 94; IV: 126; V: 158; VI: 221; VII: 222; VIII: 254; IX: 378; X: 379; XI: 380; XII: 381. Maó. Aquesta sèrie, la continua J. M. Jansà Guardiola.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1929). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resúmenes correspondientes a los meses de Septiembre a Diciembre de 1929». *Revista de Menorca* XXIV (V època), 378-381.
- (1930). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1930». *Revista de Menorca* XXV (V època), I: 32; II: 64; III: 96; IV: 128; V: 191; VI: 192; VII: 224; VIII: 260; IX: 288; X: 320; XI: 379; XII: 380. Maó.
- (1931). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1931». *Revista de Menorca* XXVI (V època), I: 75; II: 76; III: 108; IV: 172; V: 204; VI: 266; VII: 267; VIII: 268; IX: 332; X: 379; XI: 380; XII: 381. Maó.
- (1932). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1932». *Revista de Menorca* XXVII (V època), I: 32; II: 96; III: 158; IV: 159; V: 160; VI: 219; VII: 220; VIII: 283; IX: 284; X: 371; XI: 372; XII: 373. Maó.

- (1933). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1933». *Revista de Menorca* XXIVIII (V època), I: 63; II: 64; III: 128; IV: 167; V: 168; VI: 242; VII: 243; VIII: 244; IX: 307; X: 308; XI: 359; XII: 360. Maó.
- (1934). «Observatorio Meteorológico de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1934». *Revista de Menorca* XXIX (V època), I: 63; II: 64; III: 126; IV: 127; V: 190; VI: 191; VII: 259; VIII: 260; IX: 322; X: 323; XI: 380; XII: 381. Maó. Aquesta sèrie, la continua F. Terrés Pons a partir de 1943.
- TERRÉS PONS, F. (1943). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1943». *Revista de Menorca* I (VI època), I: 26; II: 27; III: 28; IV: 63; V: 96; VI: 128; VII: 159; VIII: 192; IX: 224; X: 256; XI: 284; XII: 62 (1944, II). Maó.
- (1944). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1944». *Revista de Menorca* II (VI època), I: 63; II: 64; III: 128; IV: 170; V: 192; VI: 255; VII: 256; VIII: 318; IX: 319; X: 320; XI: 385; XII: 386. Maó.
- (1945). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1945». *Revista de Menorca* III (VI època), I: 65; II: 125; III: 126; IV: 127; V: 191; VI: 192; VII: 255; VIII: 256; IX: 317; X: 318; XI: 359; XII: 57 (1946, IV). Maó.
- (1946). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1946». *Revista de Menorca* IV (VI època), I: 58; II: 115; III: 116; IV: 177; V: 178; VI: ; VII: 239; VIII: 240; IX: 302; X: 361; XI: 362; XII: 363. Maó.
- (1947). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1947». *Revista de Menorca* V (VI època), I: 60; II: 61; III: 62; IV: 141; V: 142; VI: ; VII: 301; VIII: 302; IX: 303; X: 304; XI: 305; XII: 306. Maó.
- (1948). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1948». *Revista de Menorca* VI (VI època), I: 76; II: 77; III: 78; IV: 201; V: 202; VI: 203; VII: 204; VIII: 205; IX: 206. Maó.
- (1949). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1949». *Revista de Menorca* VII (VI època), I: 155; II: 156; III: 157; IV: 158; V: 159; VI: 160; VII: 315; VIII: 316; IX: 317; X: 318; XI: 319; XII: 320. Maó.
- (1950). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1950». *Revista de Menorca* VIII (VI època), I: 155; II: 156; III: 157; IV: 158; V: 159; VI: 160; VII: 315; VIII: 316; IX: 317; X: 318; XI: 319; XII: 320. Maó.
- (1951). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1951». *Revista de Menorca* IX (VI època), I: 64; II: 65; III: 66; IV: 67; V: 68; VI: 69; VII: 70; VIII: 71; IX: 72; X: 73; XI: 74; XII: 75. Maó.
- (1954). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1952». *Revista de Menorca* XII (VI època), I: 76; II: 77; III: 78; IV: 169; V: 170; VI: 171; VII: 172; VIII: 173; IX: 174; X: 175; XI: 176; XII: 177. Maó.
- (1955a). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Año 1955. Valores totales y valores medios anuales». *Revista de Menorca* XIII (VI època), 177. Maó.

- (1955b). «Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio de Mahón. Resumen correspondiente al mes de _____ de 1953 y 1954». *Revista de Menorca* XIII (VI època), 1953: I: 56, II: 57, III: 58, IV: 59, V: 60, VI: 61, VII: 62, VIII: 63, IX: 64, X: 65, XI: 66, XII: 67; 1954: I: 68, II: 69, III: 70, IV: 71, V: 72, VI: 73, VII: 74, VIII: 75, IX: 76, X: 77, XI: 78, XII: 79, XII: . Maó.

ILLES PITIÜSES

- CLAPÉS JUAN, J. (1902-1903). «Agua y viento». *Los Archivos de Ibiza*, VIII (any I) i XV, XVII, XVIII, XIX i XX (any II), VIII: 63; XV: 117-118; XVII: 142-144; XVIII: 152-153; XIX: 160-161; XX: 178-179. Director: J. Clapés Juan. Eivissa: I. de José Tur (VIII). Maó: I. de Bernardo Fábregues (XV-XX).
- S. A. (1944). «Nota meteorológica (Coves Blanques, Eivissa). Mayo; Junio; Agosto; Octubre; Noviembre; Diciembre». *Ibiza*, 5-10 (any I), maig: 79; juny: 99; agost: 115; octubre: 131; novembre: 147; desembre: 163. Sociedad Cultural y Artística Ebusus. Eivissa.
- (1995). *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990). Observatorio Meteorológico de Ibiza. Aeropuerto de San José*. K-79, 54. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

PREDICCIÓ DEL TEMPS

MEDITERRANI

- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A. (1982a). «Models simplificats per al diagnòstic del vent sobre la mar a la Mediterrània Occidental (Resum)». *Oceanografia de la Mediterrània Occidental*. Palma, 1982. Societat Catalana de Biologia-Institució Catalana de Biologia-Societat d'Història Natural de Balears, 27. Barcelona.
- (1982b). «Models simplificats per al diagnòstic del vent sobre la mar Mediterrània Occidental». *Reunió anual conjunta Institució Catalana d'Història Natural-Societat Catalana de Biologia-Societat d'Història Natural de Balears. Abril-Juny de 1982*. Inèdit.
- GOMIS BOSCH, D. (1986). *Técnica de análisis objetivo para separar macroescala y mesoescala en un campo meteorológico*. Palma. Inèdit. És la tesi de llicenciatura de l'autor, presentada al Departament de Física de l'Aire de la UIB.
- GUERRERO TRUJILLO, M. J.; JANSÀ CLAR, A. (1996). «Aplicabilidad del índice "FOG SI" a la predicción de nieblas en el aeropuerto de Son San Juan. Palma de Mallorca». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 401-408. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.
- HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÀ CLAR, A. (1996). «Predicción de viento en el Mediterráneo: Comparación de las salidas directas de los modelos CEPPM y LAM-INM con el diagnóstico». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 389-399. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.

- JANSÀ CLAR, A. (1981). «Objetivos e importancia de la investigación para la predicción en el Mediterráneo occidental». *Jornadas de Meteorología y Climatología Aplicadas*. Instituto de Desarrollo Regional. Murcia. Inèdit.
- (1982a). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A. (1982a).
- (1982b). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A. (1982b).
- (1986). «Diagnosis of Local Winds. Application to Mistral». *LAM Newsletter. VIII European Working Group on Limited Area Modelling (EWGLAM) Meeting (Madrid 13 al 16 de Octubre de 1986)*, 110-116.
- (1989). «Predicció i predictibilitat de les inundacions». *El Mirall*, 31, 19-24. OCB. Palma.
- (1990). «Servei experimental de predicció de “rissagues”». *Les Rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud a la Mediterrània. Textos de les comunicacions presentades a les I Jornades. 1987*, 85-91. Institut Menorquí d'Estudis. Ciutadella. (Recerca, 2).
- (1996a). Veg. Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A. (1996).
- (1996b). Veg. Guerrero Trujillo, M. J.; Jansà Clar, A. (1996).
- JANSÀ CLAR, A.; LÓPEZ JURADO, L. L. (1983). «Diagnóstico objetivo del viento en las zonas marítimas mediterráneas». *IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, II, 683-695. Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid.
- LÓPEZ JURADO, L. L. (1983). Veg. Jansà Clar, A.; López Jurado, L. L. (1983).
- MEDINA ISABEL, M. (1985). «Criterios iniciales para el pronóstico de meteoros violentos en el Mediterráneo Occidental». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 149-169. Madrid.
- MOYE, M. (s. d.). *La prévision du temps dans la Méditerranée et l'organisation du service météorologique en Espagne*, s. l., s. e., 7.
- RAMIS NOGUERA, C. (1985). «Frecuencia y diagnóstico de temporales con la ayuda de análisis a mesoescala en el Mediterráneo Occidental». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 109-136. Madrid.

ILLES BALEARS

- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; GARCÍAS LLADÓ, B.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1991). «Resultado de la verificación sistemática de las alertas en el GPV de Baleares durante 1990». *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM (Madrid, INM, 1990)*, 399-424. INM. Madrid.
- GARCÍAS LLADÓ, B. (1991). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Garcías Lladó, B.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1991).
- GARCÍAS LLADÓ, B.; JANSÀ CLAR, A. (1989). «Las alertas del GPV de Baleares: Formulación probabilística cuantitativa de fenómenos meteorológicos significativos. Verificación. Ejemplos». *I Simposium Nacional de Predictores del INM*, 275-288. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- GENOVÉS TEROL, A. (1991). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Garcías Lladó, B.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1991).
- JANSÀ CLAR, A. (1989). Veg. Garcías Lladó, B.; Jansà Clar, A. (1989).
- (1991). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Garcías Lladó, B.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1991).

TORRENS CABRERA, J. (1955). «La predicción del tiempo sin aparatos científicos». *Boletín de Agricultura XI*, 125, 3. Diputación Provincial de Baleares.

DINÀMICA DE L'ATMOSFERA

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S.; GOMIS BOSCH, D.; PINOT, J. M.; TINTORÉ SUBIRANA, J.; VIÚDEZ LOMBA, A. (1993). «Q-vector vertical velocities in the Alboran Sea». Resum de la comunicació presentada al Gordon Research Conference «Coastal Processes», celebrada a Plymouth, N. H., EUA, del 14 al 18 de juny de 1993.
- BENECH, B.; BESSEMOULIN, P.; CAMPINS PONS, J.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; KOFFI, E. (1994). «Pyrenean Pressure Drag: Some Factors and Consequences after PYREX». *Annalen der Meteorologie*, 30, 159-162. Comunicació presentada al 23 Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Lindau, 1994.
- BENECH, B.; BOUGEAULT, P.; CARISSIMO, B.; JANSÀ CLAR, A.; PELON, J.; RICHARD, E. (1990). «Monumentum Budget over Pyrenées: The PYREX Experiment». *Bul. Amer. Met. Soc.*, 71, 806-818.
- BESSEMOULIN, P. (1994). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1994).
- BESSEMOULIN, P.; BOUGEAULT, P.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; PUECH, D. (1993). «Mountain Pressure Drag during PYREX». *Beitr. Phys. Atmosph.*, 66, 305-325.
- BESSEMOULIN, P.; CASTRO, M.; FERNÁNDEZ, C.; GAERTNER, M. A.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1992). «2-D numerical analysis of the orographic drag-dipole forcing in the Pyrenees during PYREX». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-234. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- BESSEMOULIN, P.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1992). «PYREX results on mountain drag measurement and lee-low formation». *Extended Abstracts of Papers to be delivered at the ICS/ICTM/WMO International Workshop on Mediterranean Cyclones Studies (Trieste, 1992)*, 23-35.
- BESSEMOULIN, P.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; PUECH, D. (1992a). «Dipolar orographic pressure perturbation during PYREX: Mechanical drag and thermal contributions». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-233. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- (1992b). «Pressure drag during PYREX». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-233. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- (1993). «Rozamiento (“drag”) y dipolo orográficos. Resultados de las observaciones PYREX». *Encuentro Mateo 92 (Encuentro Mateo 92-I Congreso Iberoamericano-V Congreso Interamericano de Meteorología. Salamanca, 1992)* III, 185-193. AME/INM. Madrid.
- BOUGEAULT, P. (1990). Veg. Bénech, B.; Bougeault, P.; Carissimo, B.; Jansà Clar, A.; Pelón, J.; Richard, E. (1990).

- (1993). Veg. Bessemoulin, P.; Bougeault, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- BOUGEAULT, P.; JANSÀ CLAR, A. (1993). «El experimento pirenaico PYREX. Concepción, realización y resultados». *Encuentro Mateo 92 (Encuentro Mateo 92-I Congreso Iberoamericano-V Congreso Interamericano de Meteorología. Salamanca, 1992)* III, 173-183. AME/INM. Madrid.
- CAMPINS PONS, J. (1994). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1994).
- CARISSIMO, B. (1990). Veg. Bénech, B.; Bougeault, P.; Carissimo, B.; Jansà Clar, A.; Pelón, J.; Richard, E. (1990).
- CASTRO, M. (1992). Veg. Bessemoulin, P.; Castro, M.; Fernández, C.; Gaertner, M. A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- FERNÁNDEZ, C. (1992). Veg. Bessemoulin, P.; Castro, M.; Fernández, C.; Gaertner, M. A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- GAERTNER, M. A. (1992). Veg. Bessemoulin, P.; Castro, M.; Fernández, C.; Gaertner, M. A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- GENOVÉS TEROL, A. (1992a). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech D. (1992a).
- (1992b). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1992c). Veg. Bessemoulin, P.; Castro, M.; Fernández, C.; Gaertner, M. A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1992d). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech D. (1992b).
- (1993a). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- (1993b). Veg. Bessemoulin, P.; Bougeault, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- (1994). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1994).
- GOMIS BOSCH, D. (1993). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1993).
- JANSÀ CLAR, A. (1990). Veg. Bénech, B.; Bougeault, P.; Carissimo, B.; Jansà Clar, A.; Pelón, J.; Richard, E. (1990).
- (1992a). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1992b). Veg. Bessemoulin, P.; Castro, M.; Fernández, C.; Gaertner, M. A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1992c). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1992a).
- (1992d). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech D. (1992b).
- (1993a). Veg. Bessemoulin, P.; Bougeault, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- (1993b). Veg. Bougeault, P.; Jansà Clar, A. (1993).
- (1993c). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- (1993d). «The atmospheric momentum budget over a major mountain range: First results of the PYREX field program». 11, 395-418. El autors són 31 i entre ells hi ha J. Campins Pons.
- (1994e). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1994).
- KOFFI, E. (1994). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1994).
- LINES ESCARDO, A. (1985). «Posible incidencia de las convergencias intertropicales en el Mediterráneo Occidental». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas*

- Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea, Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 99-108. Madrid.
- PELÓN, J. (1990). Veg. Bénech, B.; Bougeault, P.; Carissimo, B.; Jansà Clar, A.; Pelón, J.; Richard, E. (1990).
- PINOT, J. M. (1993). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1993).
- PUECH, D. (1992a). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech D. (1992a).
- (1992b). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech D. (1992b).
- (1993a). Veg. Bessemoulin, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- (1993b). Veg. Bessemoulin, P.; Bougeault, P.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Puech, D. (1993).
- RICHARD, E. (1990). Veg. Bénech, B.; Bougeault, P.; Carissimo, B.; Jansà Clar, A.; Pelón, J.; Richard, E. (1990).
- SÁNCHEZ GALLARDO, F. (1977). *Contribución al estudio del balance energético en el Mediterráneo Occidental*. Barcelona. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor, presentada a la Universitat de Barcelona el 1977. N'hi ha un resum publicat per la mateixa Universitat el 1979, 24 pàg.
- TINTORÉ SUBIRANA, J. (1993) Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1993).
- VIÚDEZ LOMBA, A. (1993). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1993).

MASSES D'AIRE I FRONTS

MEDITERRANI

- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1959). «La masa de aire mediterránea». *Revista de Geofísica* XVIII, 69, 35-50. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1962). «El frente mediterráneo». *Revista de Geofísica* XXI, 83, 249-250. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- MOLINOS HOMAR, F. (1983). *Contribució al coneixement d'algunes propietats físiques de les masses d'aire que invadeixen la Mediterrània Occidental, així com de la massa d'aire mediterrània*. Barcelona. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor, presentada el 1983 a la Universitat Autònoma de Barcelona i dirigida per C. Ramis Noguera.
- SERRA, A. (1949). «Sulle caratteristiche fisiche delle principali masse d'aria Mediterraneo occidentale». *Revista di Meteorologia Aeronautica* IX (1), 3-18. Roma.

PERTORBACIONS

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S.; HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÁ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C (1986). «Convección sobre el Mediterráneo Occidental: Estudio sinóptico y observación remota». *Revista de Meteorología*, 7, 59-82.

- ALONSO OROZA, S.; JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1986). «Tormenta mediterránea del 15 de Diciembre de 1985. Mecanismo de disparo». *Revista de Meteorología*, 8, 7-20. Asociación Meteorológica Española. Madrid.
- CAMPINS PONS, J.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1992). «Meso-scale low level Iberian-Mediterranean structures: A challenge for the numerical weather prediction». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-247. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- GENOVÉS TEROL, A. (1992). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1991). «Un caso de inestabilidad dinámica por cizalladura en el Mediterráneo». *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM (Madrid, INM, 1990)*, 11-18. INM. Madrid.
- HEREDIA JODAR, M. A. (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- JANSÀ CLAR, A. (1986a). Veg. Alonso Oroza, S.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1986b). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1991). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1991).
- (1992). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1983). «Perturbation d'automne en Méditerranée Occidentale». *La Météorologie*, 34, 291-314.
- RAMIS NOGUERA, C. (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1992). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).

ILLES BALEARS

- GAYÁ OBRADOR, C. (1972). «Explicación del temporal de lluvias en Baleares del 13 al 16 de Septiembre de 1972». *Estado general del tiempo durante el mes de Septiembre de 1972 XXX*, 357 (setembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1973a). «Tormentas de Septiembre (en Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 370, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1973b). «Tormentas en Septiembre (en Baleares)». *Estado general del tiempo durante el mes de Septiembre de 1973 XXXI*, 357 (setembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- GONZÁLEZ MÁRQUEZ, J. (1996). «Distribución de las tormentas en Baleares». *Boletín Mensual Meteorológico* 53, 13, 121-124. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- JANSÀ CLAR, A. (1975). «Temporales mediterráneos de difícil predicción». *Revista de Meteorología Marítima*, 19-20, 19: 9-13; 20: 10-13. INM. Madrid.
- (1979). «Temporal mediterráneo de 21-22 de Diciembre de 1979. Informe sinoptico preliminar». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma. Supplement a «Estado General del Tiempo durante el año 1979». N'hi ha una separata: 11 + Annex I: premsa + Annex II: anàlisi de 16 mapes.

- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1943). «El temporal del 24-25 de Noviembre de 1942 (Balears)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 5, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1946). «Un frente tormentoso notable. El temporal del 24-25 de Noviembre de 1942 en Baleares». *Revista de Geofísica*, 17, 24-36. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- PREVIMET 88 (1989). «Situación atmosférica correspondiente al día 15, 16 y 17 de Septiembre de 1988. Area afectada: Islas Baleares, especialmente la zona SW de Mallorca». *Situaciones más importantes de la Campaña Previmet Mediterráneo 88*. INM. (Nota técnica, 3).

ILLA DE MALLORCA

- COMPANY FLORIT, M. (1994). «El temporal de la primera quinzena d'Octubre (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 172, 26. OCB. Sant Joan.
- S. A. (1994). «El temporal d'Octubre (Sant Joan). Dossier fotogràfic». *Mel i Sucre*, 173, 18-19. OCB. Sant Joan.

CICLONS I CICLOGÈNESI

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S. (1974). *Algunos aspectos meteorológicos de los temporales de Levante*. Barcelona. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor, presentada a la Universitat de Barcelona el 1974.
- ALONSO OROZA, S.; GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1986). «Non-alpine contribution to Mediterranean cyclogenesis: Synoptic study of two cases which occurred during ALPEX Special Observing Period». *Scientific results of the Alpine Experiment (ALPEX). Scientific papers presented at the Conference. Venècia, 1985*. GARP Publication Series, 27. Venècia. WMO/TD, 108, vol. I, 297-308.
- ALONSO OROZA, S.; GOMIS BOSCH, D. (1990). «Diagnosis of a cyclogenetic event in the Western Mediterranean using an objective technique for scale separation». *Mon. Wea. Rev.* 118, 3, 723-736.
- ALPERT, P.; CAMPINS PONS, J.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; PICORNELL ALOU, M. A.; RADINOVIC, D. (1994). «Mediterranean Cyclones: Subject of a WMO Project». *The Life Cycles of Extratropical Cyclones (Bergen, 1994)*, II, 26-31.
- BALLESTER CRUELLAS, M.; JANSÀ CLAR, A. (1979). «Ciclogènesi mediterrànea». *III Asambleu Nacional de Geodesia y Geofísica. Zaragoza, 1981. Comunicaciones*, II, 701-708. Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica. Presidencia del Gobierno. Madrid.
- BALLESTER CRUELLAS, M.; RAMIS NOGUERA, C. (1979). «Estudio cinemático-energético del temporal de aire de 1978 en el Mediterráneo Occidental». *III Asambleu Nacional de Geodesia y Geofísica II*, 635-662.
- CAMPINS PONS, J. (1994). Veg. Alpert, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A.; Radinovic, D. (1994).

- CAMPINS PONS, J.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; PICORNELL ALOU, M. A. (1992). «Towards a systematic catalogue of Western Mediterranean Cyclones». *Extended Abstracts of Papers to be delivered at the ICS/ICTM/WMO International Workshop on Mediterranean Cyclones Studies (Trieste, 1992)*, 26-32.
- (1993). «The first six month period of a continuous monitoring of the West Mediterranean cyclogenesis and severe weather: The PEMMOC Bulletin». *Annales Geophysicae*, part II, supl. II al vol. 11. C.203. (Resums.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVIII General Assembly, Wiesbaden, 1993.
- CARRETERO, O.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; RIOSALIDO ALONSO, R. (1996a). «Mesoscale cyclones and heavy rain systems in the western Mediterranean». *Annales Geophysicae*, 14, part II, supl. II. C-481. Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XXI General Assembly, la Haia, 1996.
- (1996b). «Mesoscale cyclones vs heavy-rain and MCS in the Western Mediterranean». *MAP Mewsletter*, 5, 24-25. Comunicació presentada al MAP (Mesoscale Alpine Project) Meeting, 96, Hall in Tirol, 1996.
- DÍAZ PABÓN, R.; GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A.; RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1989a). «Influencia de la orografía y la condensación en la ciclogénesis de Argelia». *Primer Simposium Nacional de Predictores del INM. (Madrid, 1989)*, 179-188. INM. Madrid.
- (1989b). «Factors influencing the Algerian Sea cyclogenesis». *Annales Geophysicae*, 174, edició especial. Barcelona. Comunicació presentada al Symposium on Weather Mediterranean Systems (dins de la XIV Asamblea General de la Sociedad Europea de Geofísica i la Third Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project).
- (1989c). «The Mediterranean cyclone of the 2nd of October 1986: Synoptical and numerical approach (Resum)». *Annales Geophysicae*, 174, edició especial. Barcelona. Comunicació presentada al Symposium on Weather Mediterranean Systems (dins de la XIV Asamblea General de la Sociedad Europea de Geofísica i la Third Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project).
- GARCÍA MÉNDEZ, A.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1992). «Atlantic vs Mediterranean Cyclogenesis. A study from the PV point of view». *Extended Abstracts of Papers to be delivered at the ICS/ICTM/WMO International Workshop on Mediterranean Cyclones Studies (Trieste, 1992)*, 119-120.
- (1993). «Characterization of two cases of Mediterranean cyclogenesis through potential vorticity distribution». *Annales Geophysicae*, part II, supl. II al vol. 11. C.204. (Resums.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVIII General Assembly, Wiesbaden, 1993.
- (1996). «Vorticidad potencial y ciclogénesis en el Mediterráneo y en el Atlántico». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 583-589. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.
- GARCÍA MÉNDEZ, A.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; MARTÍN LEÓN, F. (1991). «Barotropic Vortices in the Mediterranean. The 4-6 March 1990 Case». *Forth Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project. (Sofia, 1991)*. WMO/TD, 420, 49-54.
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A. (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1989a). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989a).

- (1989b). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989b).
- (1989c). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989c).
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A.; RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1990). *Numerical experiments about Mediterranean heavy rain and algerian cyclogenesis*. Instituto Meteorológico Nacional, 42 + 82 fig. Madrid.
- GENOVÉS TEROL, A. (coord.) (des de 1991). *Boletín PEMMOC, Catàleg semestral de ciclons i fenòmens adversos mediterranis*. Instituto Nacional de Meteorología. Palma.
- (1991). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Martín León, F. (1991).
- (1992a). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1992).
- (1992b). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1993a). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1993).
- (1993b). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1993).
- (1994). Veg. Alpert, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A.; Radinovic, D. (1994).
- (1996a). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996).
- (1996b). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1996).
- (1996c). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996).
- GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A. (1989a). «Caracterización estadística de las perturbaciones mesoscalares en la región Ibérico-Mediterránea». *I Simposium Nacional de Predictores del INM*, 39-48. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- (1989b). «Statistical approach to Mesoscale Non-Alpine West Mediterranean Cyclogenesis». *Report of the Third Session of the Steering Grup on Mediterranean Cyclones Study Project*, 77-85. PSMP. (Report Series, 31, 298).
- (1989c). «Statistical Approach to Mesoscale Non-Alpine West Mediterranean Cyclogenesis». WMO/TD, 289, 77-85. Comunicació presentada al Symposium on Weather Mediterranean Systems (dins de la XIV Asamble General de la Sociedad Europea de Geofísica i la Third Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project), Barcelona, 1989. N'hi ha un resum publicat a *Annales Geophysicae*, 172, edició especial, 1989.
- (1991). «The Use of Potential Vorticity Maps in Monitoring Shallow and Deep Cyclogenesis in the Western Mediterranean». *Forth Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project (Sofia, 1991)*. WMO/TD, 420, 55-66.
- (1993). «Cyclogenesis in the Western Mediterranean Basin». *Fifth Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project (Palma, 1993)*. WMO/TD, 600, App. 3, 15-23.
- GIMENO, C.; HORTAL, M.; JANSÀ CLAR, A. (1986). «Spanish LAM Behaviour in two cases of Mediterranean Cyclogenesis». *Scientific results of the Alpine Experiment (ALPEX). Scientific papers presented at the Conference. Venècia, 1985*. GARP Publication Series, 27. Venècia. WMO/TD, 108, vol. I, 195-206.

- GOMIS BOSCH, D. (1990). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D. (1990)
- HEREDIA JODAR, M. A. (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- HORTAL, M.(1986). Veg. Gimeno, C.; Hortal, M.; Jansà Clar, A. (1986).
- JANSÀ CLAR, A. (1979a). *Inestabilidad baroclima y ciclogénesis en el Mediterráneo occidental*. A-133, 80 + 20 fig. INM. Madrid. És la tesi doctoral de l'autor, dirigida per M. Ballester Cruellas i llegida a la Universitat Autònoma de Barcelona el dia 23 de maig de 1978. N'hi ha publicat un resum per la UAB, 1979, 40 pàg.
- (1979b). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A. (1979).
- (1983). «Sobre los mesosistemas de presión estacionarios y móviles en el Mediterráneo Occidental». *IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, II, 653-668. Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica.
- (1985a). «Alteraciones a mesoscala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental». A: ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA. *XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 71-98. Madrid.
- (1985b). «Ciclogénesis mediterránea. Una visión a escala sinóptica». A: ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA. *XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 59-70. Madrid.
- (1986a). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1986b). Veg. Gimeno, C.; Hortal, M.; Jansà Clar, A. (1986).
- (1986c). «Genoa Cyclones and other West Mediterranean cyclones». (*First Steering group Meeting on Mediterranean Cyclones. Study project. Palma, 1985*. WMO/TD, 128, 59-70. Reunió celebrada a Palma del 25 al 29 de novembre de 1986.
- (1987). «Saharian advections in the west Mediterranean: Algerian cyclogenesis. Heavy rain, gravity waves». «*WMO Workshop on Limited-Area Fine-Mesh Models for the Mediterranean Region*»-«*Second Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project*», 51-67. Erice, Sicília. WMO. PSMP. (Rep. Ser., 26).
- (1988). *Inestabilidad Baroclima y Ciclogénesis en el Mediterráneo Occidental*. A-133, 80 + 20 fig. Instituto Meteorológico Nacional. Madrid. És la tesi doctoral de l'autor llegida el 1978 a la Universitat Autònoma de Barcelona.
- (1989a). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1989a).
- (1989b). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989a).
- (1989c). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1989b).
- (1989d). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1989c).
- (1989e). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989b).
- (1989f). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989c).
- (1990a). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1990).
- (1990b). «La ciclogènesi i les depressions mediterrànies». *Geografia General dels Països Catalans*, I, 18-24. Gran Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- (1991a). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Martín León, F. (1991).
- (1991b). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1991).

- (1992a). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1992).
- (1992b). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1992).
- (1992c). «Severe Weather and Cyclogenesis. A Western Mediterranean Look». *Extended Abstracts of Papers to be delivered at the ICS/ICTM/WMO International Workshop on Mediterranean Cyclones Studies (Trieste, 1992)*, 51-56.
- (1993a). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1993).
- (1993b). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1993).
- (1993c). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1993).
- (1994a). Veg. Alpert, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A.; Radinovic, D. (1994).
- (1994b). «The “Meeting-Case” of Mediterranean Cyclogenesis». WMO/TD, App. 4, 1-7.
- (1996a). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996a).
- (1996b). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996b).
- (1996c). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A. (1996).
- JANSÀ CLAR, A.; MARTÍN HERREROS, M. C.; PICORNELL ALOU, M. A. (1993). «INM-LAM Catalogue of Mediterranean Cyclones». *Fifth Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project. (Palma, 1993)*. WMO/TD, 600, App. 3, 24-33.
- JANSÀ CLAR, A.; VÁZQUEZ LÓPEZ, L. (1983). «Apunte de a bordo durante el reconocimiento aéreo de una borrasca mediterránea madura». V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica.
- (1991). «Situación Meteorológica del 30 de Enero de 1986». *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM (Madrid, INM, 1990)*, 19-28. INM. Madrid.
- MARTÍN HERREROS, M. C. (1993). Veg. Jansà Clar, A.; Martín Herreros, M. C.; Picornell Alou, M. A. (1993).
- MARTÍN LEÓN, F. (1991). Veg. García Méndez, A.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Martín León, F. (1991).
- PICORNELL ALOU, M. A. (1992). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1992).
- (1993a). Veg. Jansà Clar, A.; Martín Herreros, M. C.; Picornell Alou, M. A. (1993).
- (1993b). Veg. Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A. (1993).
- (1994). Veg. Alpert, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A.; Radinovic, D. (1994).
- QUEREDA SALA, J. (1985). «Cyclogénese and convection dans les levant espagnol». *La Météorologie*, 6 (VII sèrie), 6-10.
- RADINOVIC, D. (1994). Veg. Alpert, P.; Campins Pons, J.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Picornell Alou, M. A.; Radinovic, D. (1994).
- RAMIS NOGUERA, C. (1979). Veg. Ballester Cruellas, M.; Ramis Noguera, C. (1979).
- (1983). «Energía cinética inherente a una depresión mediterránea». *IV Asamblea nacional de Geodesia y Geofísica*, II, 603-620.
- (1986). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).

- RIOSALIDO, R. (1996a). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996).
- (1996b). Veg. Carretero, O.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R. (1996).
- RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1989a). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989a).
- (1989b). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989b).
- (1989c). Veg. Díaz Pabón, R.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1989c).
- (1990). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1990).
- VÁZQUEZ LÓPEZ, L. (1983). Veg. Jansà Clar, A.; Vázquez López, L. (1983).
- (1991). Veg. Jansà Clar, A.; Vázquez López, L. (1991).

ILLES BALEARS

- BALLESTER CRUELLAS, M.; JANSÀ CLAR, A. (1976). «On cyclogenesis in the Balearic Sea». *III Course: Mediterranean Meteorology*. International School of Atmospheric Physics. Erice, Sicília. Inèdit.
- BALLESTER CRUELLAS, M.; RAMIS NOGUERA, C. (1984). «Ciclogénesis catalano-balear. Estudio del temporal de Abril de 1978». *Revista de Geofísica*, 40, 243-258.
- JANSÀ CLAR, A. (1972). «Mini-ciclón en Balears. I y II». *Revista de Meteorología Marítima*, 10 i 11, 10: 9-15 i 11: 8-15. INM.
- (1976). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A. (1976).
- JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1982). «Catalonian-Balearic Sea cyclogenesis». *ALPEX. Preliminary Scientific Results*. WMO-ICSU. GARP-ALPEX, 7, 49-61. Ginebra.
- RAMIS NOGUERA, C. (1982). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1982).
- (1984). Veg. Ballester Cruellas, M.; Ramis Noguera, C. (1984).

CONDICIONS ATMOSFÈRIQUES

ILLES BALEARS

- GRIMALT GELABERT, M.; LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1994). «Aplicación del análisis objetivo del campo de presión en el Mediterráneo Occidental durante los meses secos en las Islas Baleares». *Perfiles actuales de la geografía cuantitativa en España. VI Coloquio de Geografía Cuantitativa*, 117-128.
- JANSÀ CLAR, A. (1987). «Meteorología: Confirmación de la vuelta a la normalidad (en Balears)». *Última Hora. Anuario 1987*, 159-163. Última Hora. Palma.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1959a). «El Tiempo en Balears». *Baleares*, 27-IX-1959. Palma. Sense firma. És la primera col·laboració setmanal que l'autor fa al *Baleares*. Hi ha una nota que diu: «Ofrecemos a nuestros lectores "El Tiempo en Balears" nuestra sección dominical que resume las variaciones del tiempo en nuestra región, según datos facilitados por el Jefe de los Servicios de Meteorología de la Zona Aérea, D. José M. Jansà Guardiola». Aquesta col·laboració durà fins al 13-V-1962, amb interrupcions els estius de 1960 i 1961. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1959b). «El Tiempo en Baleares. Situación del tiempo en Europa Occidental». *Baleares*, 4-X-1959. Palma. Signat *Jorge Andreu Alcover*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959c). «El Tiempo en Baleares. Entrando en el mal tiempo». *Baleares*, 11-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959d). «El Tiempo en Baleares. Impresión general». *Baleares*, 18-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959e). «El Tiempo en Baleares. En el cielo, de momento, nada impide el buen tiempo». *Baleares*, 25-X-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959f). «El Tiempo en Baleares. Del Atlántico nos viene algo muy gordo». *Baleares*, 1-XI-1959. Palma. Signat *Almagro Martí*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959g). «El Tiempo en Baleares. Nubosidad, lluvias y... San Martín». *Baleares*, 8-XI-1959. Palma. Signat *J*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959h). «El Tiempo en Baleares. La situación no es satisfactoria». *Baleares*, 15-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959i). «El Tiempo en Baleares. Las borrascas nos despreciaron». *Baleares*, 22-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959j). «El Tiempo en Baleares. Llegó el mal tiempo invernal». *Baleares*, 29-XI-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959k). «El Tiempo en Baleares. Ha pasado un ciclón». *Baleares*, 6-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959l). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 13-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959m). «El Tiempo en Baleares. Estabilidad del tiempo». *Baleares*, 20-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1959n). «El Tiempo en Baleares. Posibilidad de que se prorrogue el veranillo». *Baleares*, 27-XII-1959. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960aa). «El Tiempo en Baleares. El buen tiempo invernal continua». *Baleares*, 3-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ab). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 10-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ac). «El Tiempo en Baleares. Se barrunta una mejoría». *Baleares*, 17-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ad). «El Tiempo en Baleares». *Baleares*, 24-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ae). «El Tiempo en Baleares. La defensa elástica». *Baleares*, 31-I-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1960af). «El Tiempo en Baleares. Normalidad». *Baleares*, 7-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ag). «El Tiempo en Baleares. La temperatura se recupera». *Baleares*, 14-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ah). «El Tiempo en Baleares. La bomba atómica del Sahara y sus efectos». *Baleares*, 21-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ai). «El Tiempo en Baleares. Los toros desde la barrera». *Baleares*, 28-II-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960aj). «El Tiempo en Baleares. Prohibido el paso». *Baleares*, 6-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ak). «El Tiempo en Baleares. Estaba escrito». *Baleares*, 13-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960al). «El Tiempo en Baleares. Marzo ventoso». *Baleares*, 20-III-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960am). «El Tiempo en Baleares. La ley de las compensaciones». *Baleares*, 27-III-60. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960an). «El Tiempo en Baleares. Chubascos primaverales». *Baleares*, 3-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ao). «El Tiempo en Baleares. Sol de Mallorca». *Baleares*, 10-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ap). «El Tiempo en Baleares. Fue una turbonada». *Baleares*, 17-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960aq). «El Tiempo en Baleares. El soplo del Cierzo». *Baleares*, 24-IV-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ar). «El Tiempo en Baleares. Final de Abril». *Baleares*, 1-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960as). «El Tiempo en Baleares. Aire acondicionado». *Baleares*, 8-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960at). «El Tiempo en Baleares. Borrascas "gastadas"». *Baleares*, 15-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960au). «El Tiempo en Baleares. Retroceso». *Baleares*, 22-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960av). «El Tiempo en Baleares. Persistencia». *Baleares*, 29-V-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ax). «El Tiempo en Baleares. Lluvia invertida». *Baleares*, 5-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ay). «El Tiempo en Baleares. Vinieron las lluvias». *Baleares*, 12-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960az). «El Tiempo en Baleares. Régimen de brisas». *Baleares*, 19-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960ba). «El Tiempo en Baleares. Solsticio». *Baleares*, 26-VI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bb). «El Tiempo en Baleares. El temporal de San Pedro». *Baleares*, 3-VII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1960bc). «El Tiempo en Baleares. Sigue el verano». *Baleares*, 10-VII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bd). «Tiempo en Baleares. El anticiclón de las Azores se refuerza. No obstante, en Baleares puede hacer tiempo benigno durante gran parte de la semana». *Baleares*, 13-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960be). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 20-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bf). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 27-XI-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bg). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 4-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bh). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 11-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bi). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 18-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1960bj). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 25-XII-1960. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961aa). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 1-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ab). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 8-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ac). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 15-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ad). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 22-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ae). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 29-I-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961af). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 5-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ag). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 12-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ah). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 19-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1961ai). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 26-II-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961aj). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 5-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ak). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 12-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961al). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 19-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961am). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 26-III-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961an). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 2-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ao). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 9-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ap). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 16-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961aq). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 23-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ar). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 30-IV-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961as). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 7-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961at). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 14-V-1961. Palma. Signat *Alcor*.
- (1961au). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 21-V-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961av). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 28-V-1961. Palma. Signat *Alcor*.
- (1961ax). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 4-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961ay). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 11-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961az). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 18-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1961ba). «Tiempo en Baleares. Comentario al mapa sinóptico». *Baleares*, 25-VI-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bb). «Tiempo en Baleares. Comentario retrospectivo». *Baleares*, 10-IX-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bc). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 17-IX-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bd). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 1-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961be). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 8-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bf). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 22-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bg). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 29-X-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bh). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 12-XI-1961. Palma. Signat *Alcor*.
- (1961bi). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 3-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bj). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 10-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bk). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 17-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bl). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 24-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1961bm). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 31-XII-1961. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962a). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 7-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962b). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 14-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962c). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 21-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962d). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 28-I-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962e). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 4-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.

- (1962f). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 11-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962g). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 18-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962h). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 25-II-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962i). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 4-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962j). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 11-III-1962. Palma. Signat *Alcor*.
- (1962k). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 18-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962l). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 25-III-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962m). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 1-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962n). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 8-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962o). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 15-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962p). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 22-IV-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962q). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 6-V-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- (1962r). «Tiempo en Baleares. Información retrospectiva». *Baleares*, 13-V-1962. Palma. Signat *Alcor*. És un resum de l'estat del temps durant la setmana anterior a la data.
- LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1994a). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Laita Ruiz de Asúa, M. (1994).
- (1994b). *Configuraciones típicas de presión atmosférica media en el Mediterráneo Occidental, asociadas a meses secos en las Islas Baleares*. Palma. Inèdit. És la memòria de llicenciatura de l'autora, feta sota la direcció de M. Grimalt Gelabert i presentada al DCT de la UIB.
- RASO NADAL, J. M. (1985). «Los tipos de tiempo asociados con las advecciones procedentes de Europa continental en Baleares». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 193-212. Madrid.
- S. A. (1944). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1943». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 14, 4. Zona Aèrea de Baleares. Palma.

- (1945). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1944». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 26, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1946). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1945». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 38, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1947). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1946». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 50, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1948). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1947». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 62, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1949). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1948». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 74, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1950). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1949». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 86, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1951). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1950». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 98, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1952). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1951». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 110, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1953). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1952». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 122, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1954). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1953». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 134, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1955). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1954». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 146, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1955». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 158, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1957). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1956». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 170, 4. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1958). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1957». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 182, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1959). «Resumen climatológico del año 1958». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 194, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1960). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1959». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 205, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.

- (1961). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1960». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 218, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1962). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1961». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 230, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1963). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1961». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 242, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1964). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1963». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 254, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1965). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1964». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 266, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1966). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1965». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 278, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1967). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1966». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 290, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1968). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1967». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 392, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1969). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1968». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 314, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1970). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1969». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 325, 4. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1971). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1970». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, suplement al núm. 337, 4. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1972). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1971». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1971»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1973). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1972». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1972»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1974). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1973». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1973»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1975). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1974». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1974»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8, s.
- (1976). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1975». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1973»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.

- (1977). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1976». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1976»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 10.
- (1978). «Estado general del tiempo en Baleares durante el año 1977». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1977»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1981). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1980». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1980»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 5.
- (1982). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1981». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1981»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 9.
- (1983). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1982». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1982»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 10.
- (1984). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1983». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1983»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 129-138.
- (1985). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1984». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1984»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 7.
- (1986). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1985». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1985»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement.
- (1987). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1986». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1986»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement.
- (1988). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1987». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1987»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 6.
- (1989). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1988». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1988»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1990). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1989». *Suplemento al «Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1989»*. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. Suplement 8.
- (1991). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1990». *Boletín Mensual Meteorológico* 48, 13, 121-127. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1992). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1991». *Boletín Mensual Meteorológico* 49, 13, 121-130. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1993). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1992». *Boletín Mensual Meteorológico* 50, 13, 111-120. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1994). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1993». *Boletín Mensual Meteorológico* 51, 13, 121-135. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1995). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1994». *Boletín Mensual Meteorológico* 52, 13. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1996). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1995». *Boletín Mensual Meteorológico* 53, 13, 121-135. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

- (1997). «Estado General del tiempo en Baleares durante el año 1996». *Boletín Mensual Meteorológico* 54, 13. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

ILLA DE MALLORCA

- ALZAMORA BAUZÀ, M.; COMPANY FLORIT, M. (1992a). «Meteorologia (Sant Joan). Març marceja». *Mel i Sucre*, 142, 16. OCB. Sant Joan.
- (1992b). «Meteorologia (Sant Joan). Pel Maig cada dia un raig». *Mel i Sucre*, 144, 19-20. OCB. Sant Joan.
- (1992c). «Meteorologia (Sant Joan). Pel Juny, cada gota com el puny». *Mel i Sucre*, 145, 18-19. OCB. Sant Joan.
- (1992d). «Meteorologia (Sant Joan). Pel Juliol, val més ombra que sol». *Mel i Sucre*, 146, 21. OCB. Sant Joan.
- (1992e). «Meteorologia (Sant Joan). Per la Mare de Déu d'Agost, a les set es fa fosc». *Mel i Sucre*, 147, 11. OCB. Sant Joan.
- (1992f). «Meteorologia (Sant Joan). Al Setembre el mal temps es fa tembre». *Mel i Sucre*, 148, 16. OCB. Sant Joan.
- (1992g). «Meteorologia (Sant Joan). Quan a les sis fa fosca, mor la mosca». *Mel i Sucre*, 149, 16-17. OCB. Sant Joan.
- (1992h). «Meteorologia (Sant Joan). Novembre humit te farà ric». *Mel i Sucre*, 150, 20. OCB. Sant Joan.
- (1993a). «Meteorologia (Sant Joan): Per Nadal, una passa de gall». *Mel i Sucre*, 151, 18. OCB. Sant Joan.
- (1993b). «Meteorologia (Sant Joan): Aigua de Gener, cada gota un dobler». *Mel i Sucre*, 152, 18-19. OCB. Sant Joan.
- (1993c). «Meteorologia (Sant Joan): Per la Candelera, fred davant i fred darrera». *Mel i Sucre*, 153, 13-14. OCB. Sant Joan.
- (1993d). «Meteorologia (Sant Joan): Si el març no marceja, ni l'abril abreleja, tot l'any bogeja». *Mel i Sucre*, 154, 24. OCB. Sant Joan.
- (1993e). «Meteorologia (Sant Joan): Aigos d'Abril i rovides pel maig, fan les anyades». *Mel i Sucre*, 155, 24-25. OCB. Sant Joan.
- (1993f). «Meteorologia (Sant Joan): Déu mos guard de Maig polsós i de Juliol plujós». *Mel i Sucre*, 157, 24-25. OCB. Sant Joan.
- (1993g). «Meteorologia (Sant Joan). Aigua de Juliol, encén el sòl». *Mel i Sucre*, 158, 22-23. OCB. Sant Joan.
- (1993h). «Meteorologia (Sant Joan). Si plou dins lluna d'agost plourà nou llunes germanes seguides». *Mel i Sucre*, 159, 17-18. OCB. Sant Joan.
- (1993i). «Meteorologia (Sant Joan). El Nom de Maria, aigües m'envia». *Mel i Sucre*, 160, 18-19. OCB. Sant Joan.
- (1993j). «Meteorologia (Sant Joan). El fred d'Octubre mata l'oruga». *Mel i Sucre*, 161, 14-15. OCB. Sant Joan.
- (1993k). «Meteorologia (Sant Joan). De Novembre enllà agafa la manta i no la deixis anar». *Mel i Sucre*, 162, 16. OCB. Sant Joan.
- (1994a). «Meteorologia (Sant Joan). Per Santa Llúcia llarga és la nit i curt el dia». *Mel i Sucre*, 163, 12-13. OCB. Sant Joan.
- (1994b). «Meteorologia (Sant Joan). Quan el dia creix, el fred neix». *Mel i Sucre*, 164, 26-27. OCB. Sant Joan.
- (1994c). «Meteorologia (Sant Joan). Si la Candelera plora l'hivern és fora: Plourà o no plourà l'hivern s'acabarà». *Mel i Sucre*, 165, 18-19. OCB. Sant Joan.

- (1994d). «Meteorologia (Sant Joan). Pasqua marcenca fam o pesta primerenca». *Mel i Sucre*, 166, 28-29. OCB. Sant Joan.
- (1994e). «Meteorologia (Sant Joan). De ploure sempre que se n'ha deixat, n'hi ha tornat». *Mel i Sucre*, 167, 12-13. OCB. Sant Joan.
- (1994f). «Meteorologia (Sant Joan). La calor del mes de Maig fa la llei tot l'any». *Mel i Sucre*, 168, 13-14. OCB. Sant Joan.
- (1994g). «Meteorologia (Sant Joan). Per Sant Joan, el dia és més gran». *Mel i Sucre*, 169, 25-26. OCB. Sant Joan.
- (1994h). «Meteorologia (Sant Joan). Santa Margalida l'encén i Sant Bernat l'apaga». *Mel i Sucre*, 171, 21-22. OCB. Sant Joan.
- (1994i). «Meteorologia (Sant Joan). El nom de Maria aigües envia». *Mel i Sucre*, 172, 18-19. OCB. Sant Joan.
- (1994j). «Meteorologia (Sant Joan). Tronades a darrers d'Octubre, any de neu». *Mel i Sucre*, 173, 16-17. OCB. Sant Joan.
- (1994k). «Meteorologia (Sant Joan). Per Sant Martí mata el porc i enceta el vi». *Mel i Sucre*, 174, 14-15. OCB. Sant Joan.
- (1995a). «Meteorologia (Sant Joan). Temps, vent, dones i fortuna, donen voltes com la lluna». *Mel i Sucre*, 175, 17-18. OCB. Sant Joan.
- (1995b). «Meteorologia (Sant Joan). Si no fa fred pel Gener, quan n'ha de fer?». *Mel i Sucre*, 176, 23-24. OCB. Sant Joan.
- (1995c). «Meteorologia (Sant Joan). Any de ponent, any dolent». *Mel i Sucre*, 177, 9. OCB. Sant Joan.
- (1995d). «Meteorologia (Sant Joan). Any de ponent, any dolent». *Mel i Sucre*, 178, 18-19. OCB. Sant Joan.
- (1995e). «Meteorologia (Sant Joan). De ploure sempre que se n'ha deixat, sempre hi ha tornat». *Mel i Sucre*, 179, 15. OCB. Sant Joan.
- (1995f). «Meteorologia (Sant Joan). Pel Maig a segar vaig». *Mel i Sucre*, 180, 15. OCB. Sant Joan.
- (1995g). «Meteorologia (Sant Joan). Al Juny, la pluja és lluny, i si plou, cada gota és com el puny». *Mel i Sucre*, 181, 20. OCB. Sant Joan.
- (1995h). «Meteorologia (Sant Joan). Agost i Setembre són de tembre». *Mel i Sucre*, 182-183, 31-32. OCB. Sant Joan.
- (1995i). «Meteorologia (Sant Joan). Setembre, o eixuga fonts o arrabassa ponts». *Mel i Sucre*, 185, 27-28. OCB. Sant Joan.
- (1995j). «Meteorologia (Sant Joan). Novembre humit fa el pagès ric». *Mel i Sucre*, 186, 29-30. OCB. Sant Joan.
- (1996a). «Meteorologia (Sant Joan). Desembre». *Mel i Sucre*, 187, 23-24. OCB. Sant Joan.
- (1996b). «Meteorologia (Sant Joan). Gener amarat, mig any assegurat. Flor d'ametler no umpl es paner». *Mel i Sucre*, 188, 35-36. OCB. Sant Joan.
- (1996c). «Meteorologia (Sant Joan). Febrer». *Mel i Sucre*, 189, 27-28. OCB. Sant Joan.
- (1996d). «Meteorologia (Sant Joan). Març marceja». *Mel i Sucre*, 190, 97-98. OCB. Sant Joan.
- (1996e). «Meteorologia (Sant Joan). Abril i Maig acompassats componen tots els sembrats». *Mel i Sucre*, 191, 20-21. OCB. Sant Joan.
- (1996f). «Meteorologia (Sant Joan). Abril i Maig acompassats componen tots els sembrats». *Mel i Sucre*, 192, 24-25. OCB. Sant Joan.
- (1996g). «Meteorologia (Sant Joan). Per Sant Pere, enrevolten les figueres». *Mel i Sucre*, 193, 21-22. OCB. Sant Joan.

- (1996h). «Meteorologia (Sant Joan). Pel Juliol val més estar a s'ombra que al Sol». *Mel i Sucre*, 194, 21-22. OCB. Sant Joan.
- (1996i). «Meteorologia (Sant Joan). Pluja d'Agost, esclatasangs a l'Octubre. Setembre boirós, Setembre polsós». *Mel i Sucre*, 196, 28-29. OCB. Sant Joan.
- (1996j). «Meteorologia (Sant Joan). El fred de l'Octubre mata el cuc i l'oruga». *Mel i Sucre*, 197, 20. OCB. Sant Joan.
- (1996k). «Meteorologia (Sant Joan). Desembre». *Mel i Sucre*, 198, 25. OCB. Sant Joan.
- COMPANY FLORIT, M. (1985a). «Octubre (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 64, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1985b). «Novembre. De novembre enllà, agafa la manta i no la deixis anar (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 65, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1985c). «Desembre. Si plou per Santa Bibiana ploura quaranta dies i una setmana. Per Desembre an es Pessebre (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 66, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1987a). «Pàgina del temps. (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 79, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1987b). «Pàgina del temps (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 80, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1987c). «Pàgina del temps (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 81, s. p. OCB. Sant Joan.
- (1992a). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992a).
- (1992b). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992b).
- (1992c). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992c).
- (1992d). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992d).
- (1992e). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992e).
- (1992f). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992f).
- (1992g). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992g).
- (1992h). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1992h).
- (1992i). «Meteorologia. Resum 1991 (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 141, 16-17. OCB. Sant Joan.
- (1993a). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993a).
- (1993b). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993b).
- (1993c). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993c).
- (1993d). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993d).
- (1993e). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993e).
- (1993f). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993f).
- (1993g). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993g).
- (1993h). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993h).
- (1993i). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993i).
- (1993j). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993j).
- (1993k). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1993k).
- (1994a). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994a).
- (1994b). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994b).
- (1994c). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994c).
- (1994d). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994d).
- (1994e). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994e).
- (1994f). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994f).
- (1994g). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994g).
- (1994h). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994h).
- (1994i). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994i).
- (1994j). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994j).
- (1994k). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1994k).

- (1995a). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995a).
- (1995b). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995b).
- (1995c). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995c).
- (1995d). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995d).
- (1995e). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995e).
- (1995f). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995f).
- (1995g). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995g).
- (1995h). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995h).
- (1995i). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995i).
- (1995j). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1995j).
- (1996a). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996a).
- (1996b). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996b).
- (1996c). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996c).
- (1996d). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996d).
- (1996e). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996e).
- (1996f). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996f).
- (1996g). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996g).
- (1996h). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996h).
- (1996i). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996i).
- (1996j). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996j).
- (1996k). Veg. Alzamora Bauzà, M.; Company Florit, M. (1996k).

JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1944). «Paso de frentes (Lluc, Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 15, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

PREVIMET 88 (1989). «Situación atmosférica correspondiente al día 15, 16 y 17 de Septiembre de 1988. Area afectada: Islas Baleares, especialmente la zona SW de Mallorca». *Situaciones más importantes de la Campaña Previmet Mediterráneo 88*. INM. (Nota técnica, 3). Hi ha estudis semblants d'altres anys, inèdits.

ILLA DE MENORCA

FLORIT AMELLER, J.; JANSÁ CLAR, A. (1980). «Situaciones de presión en el Mediterráneo Occidental. Repercusiones sobre el tiempo en Menorca y en el resto de España». *Trabajos de Geografía. Miscelánea 1978-1979* 35, 35, 57-84. Palma. DG de la UPM.

JANSÁ CLAR, A. (1980). Veg. Florit Ameller, J.; Jansá Clar, A. (1980).

JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1929). «Balance de un invierno (en Menorca)». *El Bien Público* LVI, 16773 (11-III-1929). Maó. Signat Alcor.

— (1930a). «Cortejo de nubes». *El Bien Público* LVI, 17025 (11-I-1930). Maó. Signat Alcor.

— (1930b). «Juicio del verano». *El Bien Público* LVII, 17238 (1-III-1930). Maó. Signat Alcor.

RADIACIÓ

ILLES BALEARS

JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1943). «La insolación en Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 9, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

ILLA DE MALLORCA

GAYÁ OBRADOR, C. (1975). «Radiación solar global en Palma». *Estado general del tiempo durante el mes de Septiembre de 1975 XXXIII*, 393 (setembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

GUIJARRO PASTOR, J. A. (1981). «Primeras medidas de irradiación solar en Palma de Mallorca. Relación con la insolación». *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 25, 31-38. Palma.

— (1982). *Radiación solar sobre laderas: Aplicación a los taludes costeros del SW de Mallorca*. Palma. Inèdit. És la tesi de llicenciatura de l'autor, presentada a la UPM.

S. A. (1975a). «Radiación solar global en Palma». *Boletín mensual Meteorológico del Centro Meteorológico de Baleares*, 394. Palma.

— (1975b). «Resumen anual. Gráficos de radiación solar, precipitaciones y temperaturas (Palma)». *Estado general del tiempo durante el mes de Diciembre de 1975 XXXIV*, 408 (desembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

— (1978). «Radiación solar. 1976 y 1977 (Gráficos de irradiación global diaria en Palma de Mallorca)». *Estado general del tiempo durante el mes de Febrero de 1978 XXXVI*, 422 (febrer), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

— (1981a). «Radiación solar. 1978 y 1979 (Palma de Mallorca)». *Estado general del tiempo durante el mes de Abril de 1981 XXXIX*, abril, s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

— (1981b). «Radiación solar. 1980 (Palma de Mallorca)». *Estado general del tiempo durante el mes de Octubre de 1981 XL*, octubre, annex, s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

— (1982). «Radiación solar. 1981 y 1982 (Palma de Mallorca)». *Estado general del tiempo durante el mes de Octubre de 1982 XL*, octubre, s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.

ILLA DE MENORCA

JANSÀ CLAR, A. (1981). «La radiació solar total rebuda a Menorca. L'estimació climatològica corregida per les dades instrumentals de l'any 1979». *Energies Alternatives*, 3-7. Consell Insular de Menorca. Maó. (Publicacions Menorquines, 1).

TEMPERATURA

ILLES BALEARS

- GAYÁ OBRADOR, C. (1976a). *Climatología de Baleares. Temperaturas*. A-71, 49. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1976b). «Climatología de Baleares. Temperaturas». *Estado general del tiempo durante el mes de Gener a Desembre de 1976 XXXIV*, 397-408 (gener-desembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1995). *Predicción de temperaturas extremas en Baleares*. Nota Técnica del Centro Meteorológico Territorial de Baleares, SED-2, 23. Palma.
- HABSBURG LORENA, L. S. (1908). *Warum die Südseite de Mittelmeerinseln die Wärmere ist*.

ILLA DE MALLORCA

- RAMIS NOGUERA, C. (1979). «Regímenes termométricos del Centro Meteorológico de Baleares y del Aeropuerto de Palma (Comparación por desarrollo en serie de Fourier)». *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 23, 147-162. Palma.

ILLA DE MENORCA

- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1915). «El frio». *Revista de Menorca X* (V època), 47. Maó.
- (1922). «Les temperatures màximes i mínimes a Maó». *Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya*, I-13, 121-128. Barcelona.
- (1923). «La temperatura en Agosto de 1923 (en Maó)». *Revista de Menorca XVIII* (V època), 255. Maó.

PRESSIÓ

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S.; PORTELA, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1994). «First considerations on the structure and development of the Iberian thermal low-pressure system». *Ann. Geophysicae*, 12, 457-468.
- PORTELA, A. (1994). Veg. Alonso Oroza, S.; Portela, A.; Ramis Noguera, C. (1994).
- RAMIS NOGUERA, C. (1994). Veg. Alonso Oroza, S.; Portela, A.; Ramis Noguera, C. (1994).

ILLA DE MALLORCA

- RASO NADAL, J. M. (1980). «Los pantanos barométricos de la cuenca mediterránea y su incidencia en el clima de Palma de Mallorca». *Geographica XXI-XXII*, 185-194.

VENT

MEDITERRANI

- BENECH, B.; BESSEMOULIN, P.; CAMPINS PONS, J.; DRUILHET, A.; DURAND, P.; JANSÀ CLAR, A.; KOFFI, E. (1993). «Strong local wind around a mountain chain: The case of Tramontane wind (PYREX experiment)». *Annales Geophysicae*, part II, supl. II al vol. 11. C-197. (Resums.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVIII General Assembly, Wiesbaden, 1993.
- BENECH, B.; BESSEMOULIN, P.; CAMPINS PONS, J.; JANSÀ CLAR, A. (1995). «PYREX observation and Model Diagnosis of the Tramontane Wind». *Meteorol. Atmos. Phys.*, 56, 209-228.
- BENECH, B.; CAMPINS PONS, J.; DRUILHET, A.; JANSÀ CLAR, A.; KOFFI, E. (1992). «Meso-scale structure of the Tramontane wind system from PYREX observations». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-235. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- BENECH, B.; CAMPINS PONS, J.; HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÀ CLAR, A.; RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1992). «Meso-scale forcings in the Tramontane generation from PYREX observations and numerical simulations». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-235. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- BENECH, B.; DRUILHET, A.; DURAND, P.; JANSÀ CLAR, A.; KOFFI, E. (1992). «Internal structure of a local wind (Tramontane) generated around the Pyrenees chain (PYREX Experiment)». *Annales Geophysicae*, supl. II al vol. 10. C-235. (Resum.) Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XVII General Assembly, Edimburg, 1992.
- BESSEMOULIN, B. (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- (1995). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Jansà Clar, A. (1995).
- CAMPINS PONS, J. (1992a). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1992b). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- (1995). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Jansà Clar, A. (1995).
- CAMPINS PONS, J.; JANSÀ CLAR, A. (1996). «Tramontana, observaciones Pyrex y diagnóstico». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 573-581. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.
- DRUILHET, A. (1992a). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1992b). Veg. Bénech, B.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- DURAND, P. (1992). Veg. Bénech, B.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).

- (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Durand, P.; Druilhet, A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A. (1982a). «Meteorologia de les situacions típiques de vent fort a la Mediterrània Occidental (Resum)». *Oceanografia de la Mediterrània Occidental*. Palma, 1982. Societat Catalana de Biologia-Institució Catalana de Biologia-Societat d'Història Natural de Balears, 29. Palma.
- (1982b). «Non-conventional Mistral-Bora events». *ALPEX Preliminary Scientific Results*. GARP-ALPEX, 7, 174-186.
- GAYÀ OBRADOR, C. (1986). «Viento y mar en el Mediterráneo». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares* 516, 55. Zona Aèrea de Balears. Palma.
- GORDO SERRANO, A.; JANSÀ CLAR, A.; RIOSALIDO ALONSO, R.; VÁZQUEZ LÓPEZ, L. (1986). «“Cierzo”: Northwesterly wind along the Ebro Valley as a meso-scale effect induced on the lee of the Pyrenees mountain range: A case study during ALPEX Special Observing Period». *Scientific results of the Alpine Experiment (ALPEX)*. *Scientific papers presented at the Conference*. Venècia, 1985. GARP Publication Series, 27. Venècia. WMO/TD, 108, vol. II, 565-590.
- GUIJARRO PASTOR, J. A.; HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÀ CLAR, A. (1994). *Climatología del viento en el Mediterráneo Occidental a partir de las estimaciones del modelo «VIENTO4»*. Nota Técnica del Centro Meteorológico de Balears, PEMMOC-5, 44. Palma.
- HEREDIA JODAR, M. A. (1992). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- (1994). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A. (1994).
- JANSÀ CLAR, A. (1982a). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A. (1982a).
- (1982b). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A. (1982b).
- (1986a). Veg. Gordo Serrano, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R.; Vázquez López, L. (1986).
- (1986b). «The “Mistral-Tramuntana” shear line: A satellite observation». *Scientific results of the Alpine Experiment (ALPEX)*. *Scientific papers presented at the Conference*. Venècia, 1985. GARP Publication Series, 27. Venècia. WMO/TD, 108, vol. II, 577-590.
- (1987). «Distribution of the Mistral: A satellite observation». *Meteorology and Atmospheric Physics*, 36, 201-214.
- (1990). «La tramuntana». *Geografia General dels Països Catalans*, I, 69-70. Gran Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- (1992a). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Druilhet A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1992b). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- (1992c). Veg. Bénech, B.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- (1994). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A. (1994).
- (1995). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Jansà Clar, A. (1995).
- (1996). Veg. Campins Pons, J.; Jansà Clar, A. (1996).
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1963). «La corriente en chorro mediterránea». *Saitabi* XIII, 87-109. Universitat de València. València. N'hi ha una separata de 18 pàg.

- KOFFI, E. (1992a). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Druilhet A.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1992b). Veg. Bénech, B.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1992).
- (1993). Veg. Bénech, B.; Bessemoulin, P.; Campins Pons, J.; Druilhet, A.; Durand, P.; Jansà Clar, A.; Koffi, E. (1993).
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1976). «Escoba del cielo». *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 74-75, 4-6. Madrid.
- RAMIS NOGUERA, C. (1982). *Transportes inherentes a la circulación meridiana sobre la Península Ibérica y el Mediterráneo Occidental*. Palma. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor, dirigida per M. Ballester Cruellas i presentada a la Universitat de Palma el 1982.
- RIOSALIDO ALONSO, R. (1986). Veg. Gordo Serrano, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R.; Vázquez López, L. (1986).
- RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1992). Veg. Bénech, B.; Campins Pons, J.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1992).
- VÁZQUEZ LÓPEZ, L. (1986). Veg. Gordo Serrano, A.; Jansà Clar, A.; Riosalido Alonso, R.; Vázquez López, L. (1986).

ILLES BALEARS

- GAYÁ, M.; SOLIÑO VIDAL, A. (1996a). «“Caps de fibló” (Trombas o tornados). Algunas observaciones recientes». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 19-25. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid. Fa referència als caps de fibló del 26-X-1991 (Algaida, Montuïri i Sant Joan), 3-VI-1992 (Petra i Ariany), 8-X-1992 (Ferrerries) i 9-IX-1992 (Ciutadella).
- (1996b). «La escala Fujita. Medida indirecta de la velocidad del viento en tornados: Descripción y utilización en el reconocimiewnto del campo». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 13-18. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid. Fa referència als caps de fibló del 16-X-1991 (Palmanova), 26-X-1991 (Sant Joan), 3-VI-1992 (Petra) i 8-X-1992 (Menorca).
- GAYÁ OBRADOR, C. (1982). *Climatología de Baleares. Viento en Palma*. Instituto Nacional de Meteorología, 16. Palma.
- HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÁ CLAR, A. (1991). «Problemática de la simulación del viento por el LAM-INM. Caso de la Tramuntana». *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM (Madrid, INM, 1990)*, 219-228. INM. Madrid.
- JANSÀ CLAR, A. (1984). *Distribució del vent i prospecció eòlica a les Balears*. Palma. Conferència feta al Departament de Geografia de la UIB.
- (1991). Veg. Heredia Jodar, M. A.; Jansá Clar, A. (1991).
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1943). «Las calmas nocturnas». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 10-11, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951). «Un remolino (Cap de fibló)». *Menorca XI*, 3254 (8-VIII-1951). Maó. Signat Alcor.
- SOLIÑO VIDAL, A. (1996a). Veg. Gayá, M.; Soliño Vidal, A. (1996a).
- (1996b). Veg. Gayá, M.; Soliño Vidal, A. (1996b).

ILLA DE MALLORCA

- ALONSO OROZA, S.; JANSÁ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1983). «Una simulación numérica de la brisa en la Isla de Mallorca». VI Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica.
- (1988). «Sea-Breeze Convergence Line in Majorca. A satellite observation». *Annales Geophysicae*, 78, edició especial. Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XIII General Assembly, Bolonya, 1988.
- (1990). «Sea breeze study in Mallorca. A numerical study». *Meteorol. Atmos. Phys.* 42, 3-4, 249-258.
- ALONSO OROZA, S.; RAMIS NOGUERA, C. (1988). «Sea-Breeze Convergence Line in Majorca. A satellite observation». *Weather* 43, 8, 288-298.
- COMPANY FLORIT, M. (1991). «El fibló del 26 d'Octubre de 1991 (Sant Joan)». *Mel i Sucre*, 137, 14-17. OCB. Sant Joan.
- COMPANY FLORIT, M.; GRIMALT GELABERT, M. (1991). «El fibló del 26 d'octubre de 1991». *El Mirall*, 50, 39-42. OCB. Palma.
- GAYÁ OBRADOR, C. (1973). «S. t. (Rosas del viento en el aeropuerto de Palma, por meses. 1973)». *Estado general del tiempo durante el mes de Enero a Diciembre de 1973 XXXI*, 361-372 (gener-desembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- GRIMALT GELABERT, M. (1991). Veg. Company Florit, M.; Grimalt Gelabert, M. (1991).
- JANSÁ CLAR, A. (1983). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansá Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1983).
- (1988). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988).
- (1990). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1990).
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1943). «La circulación del aire sobre la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 7, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1945-1947). «Sobre el régimen de vientos en la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1945: 36; 1946: 37, 38 i 39; 1947: 55, 56, 57 i 58, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1947). «El régimen de brisas en la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares* V, 52-53. Diputación Provincial de Baleares. Palma. És un resum del treball publicat a la *Revista de Geofísica* amb el mateix títol, 1946-1947.
- (1953). «La brisa de nuestra bahía (Palma de Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 123, 124 i 125, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1955). «La rafagosidad del viento en Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 155 i 156, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M.; JAUME TORRES, E. (1946-1947). «El régimen de brisas en la Isla de Mallorca». *Revista de Geofísica*, 19-20, 19: 304-328; 20: 52-53. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- JAUME TORRES, E. (1946-1947). Veg. Jansà Guardiola, J. M.; Jaume Torres, E. (1946-1947).
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1992, 1993 i 1994). «Consideracions sobre el temps i el clima en relació a Valldemossa i el seu terme municipal» (I a VIII). I, II i III:

- «Situació de Nord.Est»; IV: «Tramuntana (N)»; V: «Gregal (NE)»; VI: «Vents del segon quadrant»; VII: «Llebeig i Ponent»; VIII: «Vents locals. L'Embat». *Miramar. Revista trimestral*, 1992: I: 11, 14-15; II: 12, 9-19; III: 13, 9-9; 1993: IV: 14, 18-19; V: 15, 12-13; VI: 17, 20-22; 1994: VII: 18, 17-18; VIII: 19, 14-15. OCB. Valldemossa. Signat *Es Patró Jaume*.
- NICKERSON, E.; RAMIS NOGUERA, C. (1992). «On the spatial and temporal distribution of northwesterly downslope winds in Mallorca: A numerical experiment». *XVII General Assembly of the European Geophysical Society*. Edimburg, abril de 1992. Inèdit.
- RAMIS NOGUERA, C. (1983). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1983).
- (1988a). Veg. Alonso Oroza, S.; Ramis Noguera, C. (1988).
- (1988b). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988).
- (1990). Veg. Alonso Oroza, S.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1990).
- (1992). Veg. Nickerson, E.; Ramis Noguera, C. (1992).
- RAMIS NOGUERA, C.; ROMERO, R. (1995). «A first numerical simulation of the development and structure of the sea breeze on the Island of Mallorca». *Ann. Geophysicae*, 13, 981-994.
- ROMERO, R. (1995). Veg. Ramis Noguera, C.; Romero, R. (1995).
- S. A. (1973). «Rosas de frecuencia de viento en Son San Juan, detalladas por horas». *Boletín mensual Meteorológico del Centro Meteorológico de Baleares*, 262-273.

ILLA DE MENORCA

- CARDONA, J. L. (1981). *Potencia eólica de Menorca*. Consell Insular de Menorca. Maó. (Publicacions Menorquines, 1, 4).
- CARDONA, P. M. (1920). «Notas sobre trombas marinas en el Puerto de Maón». *Revista de Menorca XXIV* (V època), 57-59. Maó.
- JANSÀ CLAR, A. (1976). *Análisis del viento en Menorca (Punto central de la Cuenca Occidental del Mediterráneo)*. Sèrie A-64, 78. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- (1984). Veg. Calafat, A.; Jansà Clar, A.; Rita Larrucea, J. (1984).
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1928). «La Tramuntana en Menorca». *Anales de la Sociedad Española de Meteorología II*, 193-194. Madrid.
- (1929). «La tramuntana». *El Bien Público LVI*, 16745 (6-II-1929), s. p. Maó. Signat *Alcor*.
- (1930-1932). «Contribución al estudio de la Tramontana». *Revista de Menorca XXV, XXVI, XXVII* (V època), 1930: pàg. 211-214, 268-272, 372-374; 1931: pàg. 155-160, 205-214, 333-345; 1932: pàg. 21-29, 50-62. Maó. Hi ha una recensió d'aquest treball de R., publicada a la *Revista de Menorca XXIX* (V època), 1934, 183-184.
- (1933a). *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*. Sèrie A-3, 36. Servicio Meteorológico Español. Madrid.
- (1933b). «Régimen de vientos (Maó)». *Revista de Menorca XXVIII* (V època), 249-306. Maó.
- (1934a). *Notas para una climatología de Menorca. Régimen de vientos*. Sèrie A-4, 58. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1934b). *Régimen de vientos en Mahón*, 58. Maó: Tip. Mahonesa.
- (1943a). *Notas para la climatología de Menorca. (Islas Baleares). Vientos en altura*. Sèrie A-12, 50. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.

- (1943b). «Sobre la Tramontana en Menorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 8, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- XIMÉNEZ DE EMBUN Y GONZÁLEZ ARNAO, J. (1943). «La lucha contra el viento en Menorca». *Revista de Menorca XXXLI*, 232-238. Maó.

NÚVOLS

MEDITERRANI

- GRIMALT GELABERT, M.; MARTÍN VIDE, J.; MAURI, F. (1995). *Els núvols. Guia de camp de l'atmosfera i previsió del temps*. El Mèdol, 129. Tarragona.
- MARTÍN VIDE, J. (1995). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Martín Vide, J.; Mauri, F. (1995).
- MAURI, F. (1995). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Martín Vide, J.; Mauri, F. (1995).

ILLA DE MALLORCA

- GAYÁ, M.; PÉREZ, P. J. (1986). «Aproximación al conocimiento de los niveles de concentración de los núcleos de condensación nubosos en el aeropuerto de Palma de Mallorca». *Estudis Baleàrics V*, 20, 81-90. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma.
- GAYÁ OBRADOR, C. (1972). «Estudio de la nubosidad del Aeropuerto de Palma de Mallorca». *Estado general del tiempo durante el mes de Agosto de 1972 XXX*, 356 (agost), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- PÉREZ, P. J. (1986). Veg. Gayá, M.; Pérez, P. J. (1986).
- S. A. (1972). «Estudio de la nubosidad del aeropuerto de Palma de Mallorca». *Boletín mensual Meteorológico del Centro Meteorológico de Baleares*, 357.

ILLA DE MENORCA

- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1932). «Análisis de algunas sucesiones nubosas observadas en Mahón». *Revista de Menorca XXVII* (V època), 229-259. Maó.

PLUGES

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S.; GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1988). «Heavy rain in the West Mediterranean as an interaction between scales». *Annales Geophysicae*, 114, edició especial. Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XIII General Assembly, Bolonya, 1988.
- ALONSO OROZA, S.; LLASAT, M. C.; RAMIS NOGUERA, C. (1995). «A Comparative Study between two cases extreme rainfall events in Catalonia». *Surveys in Geophysics*, 16, 141-161.
- ALONSO OROZA, S.; RAMIS NOGUERA, C. (1992). «What IPV can about intense rain and floods in the Eastern coast of Spain». *Ann. Geophys.*, vol. 10, supl. II. C 250. Comunicació feta a la XVII General Assembly of the European Geophysical Society, Edimburg.

- CARACENA, F.; GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; LLASAT, M. C.; RAMIS NOGUERA, C. (1996). «Aspectos meso y macro-escalares en relación con las inundaciones de Cataluña de Octubre de 1987». *III Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología*, 101-111. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid.
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A. (1988). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988).
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; JANSÀ CLAR, A.; RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1991a). «Numerical experiments on Heavy Rain and Mediterranean Cyclogenesis». *Forth Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project. (Sofia, 1991)*. WMO/TD, 420, 37-47.
- (1991b). «Resultados de experimentos numéricos en casos de episodios de lluvias fuertes eb el Mediterráneo». *Segundo Simposio Nacional de Predicción del INM (Madrid, INM, 1990)*, 205-218. INM. Madrid.
- GENOVÉS TEROL, A. (1996). Veg. Caracena, F.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, C.; Ramis Noguera, C. (1996).
- GENOVÉS TEROL, A.; JANSÀ CLAR, A.; LLASAT, M. C.; RAMIS NOGUERA, C. (1994). «The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms». *Met. Apps.*, 1, 337-350.
- JANSÀ CLAR, A. (1971). «Investigación del máximo pluviométrico absoluto de España peninsular». *Revista de Geofísica*, 30, 173-249. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.
- (1988). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988).
- (1991a). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1991a).
- (1991b). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1991b).
- (1994). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, M.C.; Ramis Noguera, C. (1994).
- (1996). Veg. Caracena, F.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, C.; Ramis Noguera, C. (1996).
- JANSÀ CLAR, A.; LLASAT, M. C.; RAMIS NOGUERA, C. (1989). «Synoptic, Mesoscale and Satellite Study of the Floods in Catalanian Region during October 1987» (Resum). WMO/TD, 298, 87-93. Comunicació presentada al Symposium on Weather Mediterranean Systems (dins de la XIV Asamble General de la Sociedad Europea de Geofísica i la Third Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project), Barcelona, 1989. N'hi ha un resum publicat a *Annales Geophysicae*, 174, edició especial, 1989.
- LLASAT, M. C. (1989). Veg. Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1989).
- (1994). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1994).
- (1995). Veg. Alonso Oroza, S.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1995).
- (1996). Veg. Caracena, F.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1996).
- MARTÍN VIDE, J. (1985). «Notas acerca de las frecuencias y cantidades diarias de precipitación en Barcelona, Valencia y Alicante». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea, Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 137-148. Madrid.

- RAMIS NOGUERA, C. (1988). Veg. Alonso Oroza, S.; García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988).
- (1989). Veg. Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1989).
- (1992). Veg. Alonso Oroza, S.; Ramis Noguera, C. (1992).
- (1994). Veg. Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1994).
- (1995). Veg. Alonso Oroza, S.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1995).
- (1996). Veg. Caracena, F.; Genovés Terol, A.; Jansà Clar, A.; Llasat, M. C.; Ramis Noguera, C. (1996).
- RODRÍGUEZ CAMINO, E. (1991a). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1991a).
- (1991b). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Jansà Clar, A.; Rodríguez Camino, E. (1991b).

ILLES BALEARS

- COLOM CASASNOVAS, G. (1948). «Las lluvias de barro en Baleares bajo el punto de vista geológico». *Revista de Geofísica* VII, 26, 194-210.
- GAYÁ OBRADOR, C. (1979). «Climatología de Baleares. Meteoros». *Estado general del tiempo durante el mes de Gener a Deseembre de 1979*, 128. Centro Meteorológico de Baleares. Palma. De gener a deseembre.
- (1984). *Climatología de Baleares. Meteoros*. A-71, 204. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- JANSÀ CLAR, A. (1972). «Regímenes pluviométricos locales (Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 360, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- (1975). «Pluviometría de Balears. 1974-1975». *Boletín de la Asociación Meteorológica Española. 1974-1975*, 16-18.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1944). «Chubascos nocturnos». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 19, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1947). «Lluvias de barro registradas en las Baleares durante la primavera de 1947». *Revista de Geofísica* VII, 26, 182-193. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1948). «Lluvias de barro registradas en Baleares durante la primavera de 1947». *Revista de Geofísica*, 26. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1949). «Chubascos de primavera en las Baleares». *Revista de Geofísica* VIII, 32, 475-485. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1962). «El règim de pluges a les Illes Balears». *Lluc*, 493, 68-69. MSC. Palma.
- RASO NADAL, J. M. (1984). «Anàlisi estadística de la pluviometria anual de les Illes Balears». *Notes de Geografia Física*, 10, 23-32.
- S. A. (1972). «Mapa pluviométrico mensual medio de Baleares». *Boletín mensual Meteorológico del Centro Meteorológico de Baleares*, 350-361. Palma.

ILLA DE MALLORCA

- ALONSO OROZA, S.; GUIJARRO PASTOR, J. A.; RAMIS NOGUERA, C.; SUMNER, G. (1993). «Sobre la estructura espacial de la precipitación en Mallorca deducido con series de precipitación diaria». Resum de la comunicació presentada a la XXIV Bial de RSEF, celebrada a Jaca el setembre de 1993.

- GAYÁ OBRADOR, C. (1974). «Lluvias intensas sobre Palma (1931-1973)». *Estado general del tiempo durante el mes de Septiembre de 1973* XXXII, 381 (setembre), s. p. Centro Meteorológico de Baleares. Palma.
- (1985). *Lluvias en la cuenca de Palma*. Instituto Nacional de Meteorología, 47 + gràf. Palma.
- GRIMALT GELABERT, M. (1988). «Precipitaciones màximes diàries a la Serra de Tramuntana. Mallorca». *Treballs de Geografia*, 40, 51-60. Palma. DCT de la UIB.
- (1989). «Repartiment de les precipitacions màximes a Mallorca». *Treballs de Geografia*, 41, 7-18. Palma. DCT de la UIB.
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1993). Veg. Alonso Oroza, S.; Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1993).
- GUIJARRO PASTOR, J. A.; RAMIS NOGUERA, C.; SUMNER, G. (1993). «The Spatial Organization of Daily Rainfall over Mallorca. Spain». *Int. J. Climat*, 13, 89-109. Gran Bretanya.
- (1994a). «Daily Rainfall Domains in Mallorca, Spain: 1986-1989». *Theor. Appl. Clim.*, 51, 199-223.
- (1994b). «The impact of surface circulation an the daily precipitation over Mallorca». *International Journal of Climatology*, 15, 673-696.
- JANSÁ CLAR, A. (1972). «Pluviometría de Artà». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 354-355, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1947). «Lluvia de barro (Mallorca 20-III-47)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 53 i 54, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1954-1955). «Intensidad de lluvia (en Mallorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1954: 144; 1955: 145, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1969). «Un caso de granizada excepcional en Mallorca. La tormenta del 26 de Agosto de 1967». *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears* XV, 20-58. Palma.
- MOREY COMPANY, J. (1987). «Fa estona plovia més. Sèrie pluviomètrica de Sant Joan de 1905 a 1986». *Mel i Sucre*, 79, s. p. OCB. Sant Joan.
- PASTOR, M. (1990). «Pluges de Maig de 1945 a 1989». *Mel i Sucre*, 119, 10-11. OCB. Sant Joan.
- RAMIS NOGUERA, C. (1993a). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1993).
- (1993b). Veg. Alonso Oroza, S.; Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1993).
- (1994a). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1994a).
- (1994b). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1994b).
- RASO NADAL, J. M. (1981). «Precipitación y altitud en el Mediterráneo occidental: El caso de la Cordillera de Tramuntana (Mallorca)». *VII Coloquio de Geografía*, 155-161. AGE. Pamplona.
- (1982). «Probabilidades de transición y distribución estacionaria de los días con y sin precipitación en Palma. Según el modelo de la Cadena de Markov». *Tarraco. Cuadernos de Geografía*, 3, 195-212. DG de la UT.
- ROSSELLÓ VAQUER, R. (1985). «El diluvi de 1403». *Elements. Palma*, 4, 15-16.
- S. A. (1925). «Los fuertes aguaceros de Sóller». *Majòrica. Vida y Arte*, 18, s. p. (3 pàg.). Palma.

- SUMNER, G. (1993a). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1993).
— (1993b). Veg. Alonso Oroza, S.; Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G.
(1993).
— (1994a). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1994a).
— (1994b). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Ramis Noguera, C.; Sumner, G. (1994b).

ILLA DE MENORCA

- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1910). «Observaciones pluviométricas en Menorca». *Revista de Menorca* V (V època), 106. Maó.
JANSÀ CLAR, A. (1980). «Evaluación de la precipitación sobre islas pequeñas. El caso de Menorca». Simposium «Agua Siglo XXI». MOPU-MAE-UNESCO.
JANSA GUARDIOLA, J. M. (1933). «Régimen pluviométrico (Maó)». *Revista de Menorca* XXVIII (V època), 129-149. Maó.

ILLES PITIÛSES

- FAJARNÉS TUR, E. (1895). «Inundaciones de las Salinas de Ibiza en el siglo XVIII. I: Aguacero de 1679, II: Temporal en 1694». *BSAL* VI, 183, 96-97. Palma.

NEU

ILLES BALEARS

- JANSÀ CLAR, A. (1986). «Meteorología. “S’altre any de sa neu”». *Última Hora. Anuario 1986*, 222-225. Última Hora. Palma.
RASO NADAL, J. M. (1983). «Uso de la ley binomial negativa para la estimación probabilística de la frecuencia anual de los días de nieve en Baleares». VIII Reunión de Bioclimatología, Saragossa, 1983.
— (1985). «Uso de la ley binomial negativa para la estimación probabilística de la frecuencia anual de los días de nieve en Baleares». *Avances sobre la investigación en Bioclimatología*, 545-553. CSIC-Universidad de Salamanca. Salamanca.

ILLA DE MALLORCA

- AMER SASTRE, A. (1996). «El comerç de la neu a Mallorca. La Vila de Sineu». *Jornades d’Estudis Locals. Mancomunitat del Pla de Mallorca. Març de 1996*. Sineu. Inèdit.
AMER SASTRE, A.; SEGURA CORTÉS, P. A. (1996). *Les cases de neu. Les construccions de paret seca per a la recollida de neu a Mallorca*. Ajuntament de Manacor. Manacor. (Patronat de l’Escola Municipal de Mallorquí, 32). Conferència pronunciada el dia 17 d’octubre de 1995 a les Aules de Cultura Popular del Centre Social de la Comissió de Cultura i Patrimoni Històric del Consell Insular de Mallorca, a Manacor.
BARCELÓ PONS, B. (1959). «El comercio de la nieve en Mallorca». *BCOCINP* LIX, 623, 46-52. Palma.

- CALAFAT RIVAS, A. M.; CAÑELLAS SERRANO, N. S. (1994-1995). «Cases de neu de la zona de Valldemossa». *Miramar. Revista trimestral*, 1994: 21, 23-26; 1995: 22, 12-14 i 23, 20-22. OCB. Valldemossa.
- CALAFAT RIVAS, A. M.; CAÑELLAS SERRANO, N. S.; SERRANO TORRES, P. B. (1995). «El dipòsit de neu de Sa Coma (Valldemossa). Un nou tipus de magatzem de neu a Mallorca». *El Mirall*, 75, 55-56. OCB. Palma.
- CAÑELLAS SERRANO, N. S. (1994-1995). Veg. Calafat Rivas, A. M.; Cañellas Serrano, N. S. (1994-1995).
- (1995). Veg. Calafat Rivas, A. M.; Cañellas Serrano, N. S.; Serrano Torres, P. B. (1995).
- COMPANY FLORIT, M. (1985). «L'idil·li: La neu». *Mel i Sucre*, 55, s. p. OCB. Sant Joan.
- FAJARNÉS TUR, E. (1898). «Estragos causados por la nevada de 1788 en el ganado de la Isla de Mallorca». *RBMFV. Palma XIV*, 340-343. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.
- GINÉS GRACIA, J. (1980). «Un caso excepcional de utilización antrópica de una cavidad cárstica mallorquina». *Trabajos de Geografía. Miscelánea 1978-1979*, 35, 85-92. Palma. DG de la UPM.
- LLOFRIU, P. (1983). «El darrer nevater, Mestre Esteva de Caimari». *Última Hora*, 27-III-1983. Palma.
- MULET GOMILA, A. (1946). «De “les cases de la neu” al Frio Industrial». *BCOCINP XLVII*, 570, 125-127. Palma.
- ROSILLO, C. (1983). «Pocos son los que ya recuerdan a los últimos nevaters». *El Día*, 2-IX-1983. Palma.
- SEGURA CORTÉS, P. A. (1996). Veg. Amer Sastre, A.; Segura Cortés, P. A. (1996).
- SERRANO TORRES, P. B. (1995). Veg. Calafat Rivas, A. M.; Cañellas Serrano, N. S.; Serrano Torres, P. B. (1995).
- SERVERA NICOLAU, J. (1991). «Serra de Tramuntana. Innivación. La explotación de la nieve como recurso». *VII Jornadas de Campo de Geografía Física*, 91-102. UIB. Palma.
- SERVERA NICOLAU, J.; VALERO MARTÍ, G. (1991). «Ressenya de la troballa de la Caseta de sa Neu de Can Canals (Municipi d'Artà)». *El Mirall*, 45, 63-64. OCB. Palma.
- VALERO MARTÍ, G. (1984). «Nevaters i cases de neu». *Lluc*, 714, 29-34. OCB. Palma.
- (1989). «Nevaters i cases de neu». *Elements de la societat preturística mallorquina*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Palma.
- (1991). Veg. Servera Nicolau, J.; Valero Martí, G. (1991).

SEQUERES

ILLES BALEARS

- JANSÁ CLAR, A. (1985). «Meteorología. Otro año de sequía (en Baleares)». *Última Hora. Anuario, 1985*, 258-261. Última Hora. Palma.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1945). «Persistente sequía (En Baleares)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 33, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

ILLA DE MALLORCA

- COMPANY FLORIT, M. (1983). «La sequetat, un cicle d'any o per sempre?» *Mel i Sucre*, 40-41, s. p. OCB. Sant Joan.
- ESTELRICH MIERES, J. (1994). «Any de sequera». *Mel i Sucre*, 170, 11-12. OCB. Sant Joan.
- FLORIT, G.; SASTRE, M. (1993). «Les sequeres a Sant Joan». *Mel i Sucre*, 156, 22-23. OCB. Sant Joan.
- GAYÁ GALMÉS, R. (1946). «Gran sequía durante el año 1850 (Sant Joan)». *Documenta*, 481. Sant Joan.
- GRIMALT GELABERT, M.; LAITA RUIZ DE ASÚA, M.; RODRÍGUEZ GOMILA, R. (1994). «Periodización de las sequías históricas en Mallorca (Siglos XIV-XIX)». *Cambios climáticos en España. Actas de la I Reunión del grupo de Climatología de la AGE*, 129-146. Universidad de Sevilla. Resum de la comunicació presentada a la I Reunión del grupo de Climatología de la AGE, Santa María de la Rábida.
- LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1994). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Laita Ruiz de Asúa, M.; Rodríguez Gomila, R. (1994).
- LLADÓ FERRAGUT, J. (1961). «La sequía de los años 1748, 1749 y 1750». *Programa de Fiesta de Selva, 1961*, 2.
- M. B. (1878). «Crónica mensual (Sequera)». *El Porvenir Balear* I, 2, 4, 6, 10, 12 i 14. 2: «Sequera», 26; 4: «La sequía que nos amenaza», 74; 6: «Continuación de la sequía en las Islas», 113; 10: «Continua la sequía en nuestras islas», 193; 12: «Continuación de la sequía», 235; 14: «Por fin llovió», 282-283. I. de P. J. Gelabert. Palma.
- (1879). «Crónica mensual (Sequera)». *El Porvenir Balear* II, 6: «Fin de la sequía», 121-122. I. de P.J. Gelabert. Palma.
- RODRÍGUEZ GOMILA, R. (1994). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Laita Ruiz de Asúa, M.; Rodríguez Gomila, R. (1994).
- SASTRE, M. (1993). Veg. Florit, G.; Sastre, M. (1993).

ILLA DE MENORCA

- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1910). «La sequía de 1910 (en Menorca)». *Revista de Menorca* V (V època), 378. Maó.
- (1914). «¿Por qué no llueve en Menorca?». *Revista de Menorca* IX (V època), 139-141. Maó.

ILLES PITIÜSES

- FAJARNÉS TUR, E. (1889). «Sequía en Ibiza en 1889». *BSAL* III, 108, 121-122. Palma.

ESTUDIS GLOBALS DEL CLIMA

MEDITERRANI

- ASOCIACIÓN METEOROLÓGICA ESPAÑOLA (1985). *XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea (Menorca-Mallorca, Octubre 1980)*, 212. Sa Nostra. Palma.

- FONTSERÈ, E. (1932a). «Climatologia de la Mediterrània Occidental». *VII Congrés de Metges de Llengua Catalana*, 3-30. Secció primera. Barcelona.
- (1932b). «Condicions climatològiques de les costes occidentals de la Mediterrània i en particular de les terres costeres catalanes». *Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya* IV, 49, 1-27. Barcelona.
- GRIMALT GELABERT, M.; LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1995). «Climatologia de la Mediterrània Occidental». *Revista de Ciència*, 16, 93-100. Palma.
- JANSÁ CLAR, A. (1980). «Meteorología y climatología mediterráneas». *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 21-25, segon semestre.
- (1983). «La meteorología mediterránea: Objecte i projecte d'investigació». *Estudis i propostes tècniques per al desenvolupament de la política tecnològica i energètica del Govern de la Generalitat de Catalunya*, 373-383. Departament de Indústria i Energia, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- (1984). «Característiques i variabilitat dels climes mediterranis». Barcelona. Conferència feta al Departament de Geografia de la UAB.
- (1995). «Peculiaritats meteorològiques de la Mediterrània Occidental». *Bulletí de la Societat Catalana de Ciències* XV, 91-97. Barcelona. Conferència feta a les I Jornades de Meteorologia Eduard Fontseré, Barcelona.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1946-1947). «Previsión del tiempo en el Mediterráneo Occidental». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1946: 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 i 48; 1947: 49, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951). «Previsión del tiempo en el Mediterráneo occidental». *Revista de Geofísica* X, 39, 234-250. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- (1966). «Meteorología del Mediterráneo Occidental». *III Ciclo de conferencias desarrollado en el Instituto Nacional de Meteorología, durante el año 1964*. Sèrie A-43, 35. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- LAITA RUIZ DE ASÚA, M. (1995a). *El fenómeno del Niño y su influencia climática en el Mediterráneo Occidental*. Palma. És la tesi doctoral de l'autora, dirigida per M. Grimalt, UIB.
- (1995b). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Laita Ruiz de Asúa, M. (1995).
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1985). «Notas para una meteorología del Mediterráneo Occidental». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea, Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 171-192. Madrid.
- S. A. (1962). *Weather in the Mediteranean*. Vol. I: *General Meteorology*, s. p. Air Ministry Meteorological Office. Her Majesty's Stationary Office. Londres.

ILLES BALEARS

- BARCELÓ PONS, B. (1991). «El clima (de les Balears)». *Geografía de España. Baleares*, IX, 478-484. Planeta. Barcelona.
- (1995). «El clima (de les Balears)». *Geografía Universal. Les terres de parla catalana: Catalunya, País Valencià, Illes Balears, Andorra*, X, 291-293. Editorial 92. Barcelona.
- CLAVERO APARICIO, P.; RASO NADAL, J. (1979). «Catálogo de tipos sinópticos para un estudio climático del este de la Península Ibérica y Baleares». *Aportacions en homenatge al Geògraf Salvador Llobet*, 63-85. Universitat de Barcelona. Barcelona.

- FONT TULLOT, I. (1983). «El clima de Baleares». *Climatología de España y Portugal*, 279-293. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1986). *Contribución a la bioclimatología de las Baleares*. Palma. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor. N'hi ha un resum publicat pel Departament de Biologia i Ciències de la Salut de la UIB, 1986, 36 pàg.
- GUIJARRO PASTOR, J. A.; JANSÁ CLAR, A. (1985). «Condiciones climáticas de las Baleares». *El Campo. Boletín de Información Agraria*, 100, 11-14. Banco de Bilbao. Bilbao.
- GUIJARRO PASTOR, J. A.; MOREY ANDREU, M. (1988). «Cartografía automática de elementos climáticos a partir de un modelo de regresión múltiple: Aplicación a las Islas Baleares». *Avances sobre Investigación en Climatología. IX Reunión de Climatología*, 183-194. CSIC. Almería.
- JANSÁ CLAR, A. (1985): Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Jansá Clar, A. (1985).
- (1988). «El clima de las Baleares: Mediterraneidad y singularidad». *Treballs de Geografia*, 39, 39-43. Palma. DCT de la UIB. Comunicació presentada a la Secció de Geografia de les Illes Balears, que va presidir B. Barceló Pons, de la VII Conferència del Mediterrani, organitzada pel Dowling College de Nova York i celebrada a Sóller del 2 al 5 d'agost de 1983.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1943). «Ponencia sobre Climatología de Baleares». *Congreso Sindical Agropecuario*. Palma, del 24 al 29 de maig de 1943. Inèdit. N'hi ha una referència extensa, sense firmar, al *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 6 i 10, 1943.
- (1952). «Esquema climatológico del Archipiélago Balear». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 113, 114, 115, 116, 117, 118 i 119, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1956). *Problemas meteorológicos de la región balear*. Palma. Inèdit. Premi Ciutat de Palma Bartomeu Darder, de Ciències Naturals, de 1956, atorgat per l'Ajuntament de Palma el gener de 1957.
- KUNOW, P. (1966). *El clima de Valencia y las Baleares*. Institución Alfonso V el Magnánimo, 239. València. Tesi doctoral de l'autor, presentada a la Universitat de Stuttgart el 1959 sota el títol *Das Klima der Landschaft Valencia und der Balearen auf Grund der spanischen Wetterbeobachtimgem der Jahre 1908 bis 1927*. Traducció d'I. Belloch Zimmermann. Edició a cura d'A. López Gómez i V. M. Rosselló Verger.
- MARTÍN VIDE, J. (1996). «El clima (dels Països Catalans)». A: CARRERAS I VERDAGUER, C. (dir.). *Geografía General dels Països Catalans*. Vol. I: *El clima i el relleu*, 1-109. Gran Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1947-1948). «Ensayo preliminar de una climatología dinámica de las Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1947: 60; 1948: 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 i 71, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1974). «Características climatológicas (de las Baleares)». *Situación actual y Perspectivas de Desarrollo de Baleares*, I, 62-267. Confederación Española de Cajas de Ahorro. Madrid. Es tracta d'un extens treball que per ara és la millor anàlisi impresa del clima de les Illes Balears.
- (1975). «Una meteorología marítima del mar Balear, I, II i III». *Revista de Meteorología Marítima*, 12, 13 i 14.
- MOREY ANDREU, M. (1988). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Morey Andreu, M. (1988).

- PRAESENT, H. (1912). «Neue klimatische werte für Menorca und Ibiza». *Meteorolog. Zeitschr.*, 28. Berlín.
- RASO NADAL, J. (1977). *El clima de las Baleares*. Barcelona. Inèdit. És la tesi doctoral de l'autor, feta sota la direcció de L. M. Albentosa i presentada a la Universitat de Barcelona el 1977. N'hi ha publicat un resum per la Universitat de Barcelona, 1980, 56 pàg.
- (1979). Veg. Clavero Aparicio, P.; Raso Nadal, J. (1979).
- SERRA, A. (1949). «Contributo alla climatologia della Baleari». *Rivista di Meteorologia Aeronáutica* IX, 4, 3-18.
- WILLKOMM, M. (1874). «Das klima der Balearen». *Zeitschr. d. Osterr. Ges. F. Met.*, 9, 346-350.

ILLA DE MALLORCA

- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1951-1952). «Mallorca, clima ideal». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1951: 107 i 108; 1952: 109, 111, 112 i 113, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1954). «La verdad sobre el clima de Mallorca. Primavera, verano, otoño e invierno». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142 i 143, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- RAMIS NOGUERA, C. (1976a). *Contribución a la climatología de aire superior en Mallorca*. Palma. Inèdit. És la tesi de llicenciatura de l'autor, dirigida per M. Puigcerver i presentada al Departament de Física de l'Aire i del Cosmos de la UIB el 1976. N'hi ha publicat un resum per la UIB, 1977, Sèrie B-57, 771-799.
- (1976b). «Contribución a la climatología de aire superior en Mallorca». *Actas de la II Asamblea Nacional de Geofísica*, II, 771-799.
- VANRELL CAMPS, B. (1932). «De climatología de Mallorca». *VII Congrès de Metges de Llengua Catalana*, Secció I, 32-42.

ILLA DE MENORCA

- JANSÀ CLAR, A. (1979). «Climatologia (de Menorca)». *Enciclopèdia de Menorca*, I, 85-160. OCB. Maó.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1944). *Notas para una climatología de Menorca*. Sèrie A, 4. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- (1961). *Nociones de climatología general y de Menorca* I. Manuel Sintés Rotger, 138. Maó.
- SOUSA ALAEJO, R. (1988). *Notas para una climatología de Menorca*. K-45, 44. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- VILA DINARES, P. (1932). «Le climat de Minorque». *Mélanges géographiques offerts à R. Blanchard*, 643-651. Grenoble.
- (1933). «Le climat de Minorque». *Revue de Geographie Alpine* XXI, 831-839.

ILLES PITIÜSES

- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1984). «The climate of Eivissa and Formentera». A: KUHBIER, H.; GUERAU DE ARELLANO TUR, C. (ed.) *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*, 119-135. W. Junk Publishers. La Haia.

- (1993). «El clima (de Eivissa i Formentera)». *Guía de la Naturaleza de Ibiza y Formentera*, I, 49-72. Diario de Ibiza. Eivissa.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1945). «Climatología de Ibiza. (Periodo 1911-1940)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 34 i 35, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- MATAMALA, J. C.; TIMONER, G. (1995). «Estudi climàtic d'Eivissa». *Eivissa*, 26 (III època), 24 (72)-27 (75). Institut d'Estudis Eivissencs. Vila d'Eivissa.
- S. A. (1945). «Climatología de Ibiza. Periodo 1911-1940». *Boletín de Agricultura* I, 16, 1. Diputación Provincial de Baleares.
- SOUSA ALAEJO, R. (1988). *Notas para una climatología de Ibiza*. K-39, 46. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- TIMONER, G. (1995). Veg. Matamala, J. C.; Timoner, G. (1995).

ESTUDIS LOCALS DEL CLIMA

ILLA DE MALLORCA

- CLAR, J.; JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1947). «El clima del puerto de Andratx». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 59, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1990). «Climatología (d'Escorca i veïns)». A: BARCELÓ PONS, B. (dir.). *Pla d'Ordenació dels recursos naturals del sector Nord de la Serra de Tramuntana. Memòria*, 40-70. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Palma. Inèdit.
- (1993). «Climatología (de Cabrera)». A: ALCOVER, A. [et al.]. *Historia Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, 161-174. CSIC-SHNB-Moll. Palma.
- GUIJARRO PASTOR, J. A.; JANSÀ CLAR, A. (1980). «Climatología (de s'Albufera)». *Estudio Ecológico de la Albufera de Mallorca (B.Barceló i J. Mayol, coord.)*, 83-140. Palma. DG de la UPM.
- JANSÀ CLAR, A (1980). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Jansà Clar, A. (1980).
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1944). «Climatología de Manacor». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 21, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1944-1945). «El clima de Palma. Clima Internacional (1901-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1944: 23 i 24; 1945: 25, 26 i 27, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1947): Veg. Clar, J.; Jansà Guardiola, J. M. (1947).
- (1953). «Observaciones termopluviométricas de Muro (1944-1952)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 125, 126, 127, 128 i 129, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1968). «Climatología de Palma de Mallorca». *BCOCINP LXX*, 658, 3-35. Palma. N'hi ha una separata de 37 pàg.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1996-1997). «Més coses sobre el clima de Valldemossa i el seu terme municipal». *Miramar. Revista trimestral*, 1996: 27, 9-12; 28, 7-9; 29, 6-7; 1997: 30, 7-8. OCB. Valldemossa. Signat *Es Patró Jaume*.
- NIGORRA FIOL, C. (1981). «Clima a Sant Joan». *Mel i Sucre*, 16, s. p. OCB. Sant Joan.
- RAMIS NOGUERA, C. (1988). *Llucmajor dins l'entorn meteorològic de la Mediterrània Occidental*. Ajuntament de Llucmajor, 33. Llucmajor. És el pregó de les Fires de 1987.

- ROLDÁN FERNÁNDEZ, A. (1987). *Notas para una climatología de Palma de Mallorca*. K-19, 48. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- ROSSELLÓ VERGER, V. M. (1964). «El clima y las aguas». *Mallorca. El Sur y Sureste*, 58-93. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca. Palma.
- SERVERA SUREDA, M. «Climatología de Son Servera». *Studia X*, 3-8, 21-22.

ILLA DE MENORCA

- HERNÁNDEZ PONSETI, M. (1912). «Anormalidades meteorológicas (en Maó)». *Revista de Menorca XVI* (V època), VII, 86-87. Maó.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1945). «El clima de Mahón. Clima internacional (1911-1930)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 28, 29, 30, 31 i 32, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

PALEOCLIMES I CLIMES HISTÒRICS

MEDITERRANI

- BUTZER, K. (1961). «Paleoclimatic implications of Pleistocene Stratigraphy in the Mediterranean Area». *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York, 95, 449-456.

ILLES BALEARS

- CUERDA BARCELÓ, J. (1981). «Significación altimétrica y climática de los yacimientos marinos cuaternarios de Baleares». *Estudis Baleàrics* 1, 2, 31-38. Palma.
- CUERDA BARCELÓ, J.; JAUME, G. (1972). «Datos para el estudio de la climatología cuaternaria de Baleares (Crostes)». *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears XVII*, 127-130. Palma.
- FONTANA TARRATS, J. J.; JUAN VIDAL, J.; MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1975). *El clima de Baleares, hoy y ayer: 1450-1700*. J. Fontana, 104. Madrid.
- JAUME, G. (1972). Veg. Cuerda Barceló, J.; Jaume, G.
- JUAN VIDAL, J. (1975). Veg. Fontana Tarrats, J. J.; Juan Vidal J.; Miró-Granada Gelabert, J. (1975).
- JULIÁ, R.; PÉREZ-OBÍOL, R.; YLL AGUIRRE, E. I. (1994). «Vegetational change in the Balearic Islands (Spain) during the Holocene». *Historical Biology*, 9, 83-89.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1975). Veg. Fontana, J. J.; Juan Vidal, J.; Miró-Granada Gelabert, J. (1975).
- PANTALEÓN-CANO, J.; PÉREZ-OBÍOL, R.; ROURE, J. M.; YLL AGUIRRE, E. I. (1995). «Dinámica del paisaje vegetal en la vertiente mediterránea de la península Ibérica e Islas Baleares desde el tardiglacial hasta el presente». *IX Reunión Nacional sobre Cuaternario. Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el cuaternario*, 319-328. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid. (Monografías del CCM, 3).
- PÉREZ-OBÍOL, R. (1994). Veg. Juliá, R.; Pérez-Obiol, R.; Yll Aguirre, E. I. (1994).
- (1995). Veg. Pantaleón-Cano, J.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M.; Yll Aguirre, E. I. (1995).

- ROURE, J. M. (1995). Veg. Pantaleón-Cano, J.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M.; Yll Aguirre, E. I. (1995).
- YLL AGUIRRE, E. I. (1994). Veg. Juliá, R.; Pérez-Obiol, R.; Yll Aguirre, E. I. (1994).
- (1995). Veg. Pantaleón-Cano, J.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M.; Yll Aguirre, E. I. (1995).

ILLA DE MALLORCA

- BARCELÓ CRESPI, M. (1991). «Per una aproximació a la climatologia de Mallorca baixmedieval a través dels textos històrics». *BSAL*, 47, 123-140. Palma.
- BURJACHS, F.; JULIÁ, R.; PÉREZ-OBÍOL, R.; ROURE, J. M. (1994). «Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la Isla de Mallorca». A: MATEU, I.; DUPRÉ, M.; GÜEMES, J.; BURGASZ, M. E. (ed.). *Trabajos de Palinología básica y aplicada*, 199-210. Universitat de València. València.
- BUTZER, K. W. (1964). «Pleistocene cold-climate phenomena of the Island of Mallorca». *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8, 7-31.
- FOTUGNE, M.; JULIÁ, R.; PARRA, I.; PÉREZ-OBÍOL, R.; ROURE, J. M. (1992). «A Holocene pollen analyses from Mallorca (Core SP1)». Abstracts. VIII International Palynological Congress, Aix-En-Provence, 1992.
- JULIÁ, R. (1992). Veg. Fotugne, M.; Juliá, R.; Parra, I.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1992).
- (1994). Veg. Burjachs, F.; Juliá, R.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1994).
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1972). «La meteorología marítima en el siglo XIII. La conquista de Mallorca». *Revista de Meteorología Marítima*, 7 i 8, 7: 11-13; 8: 10-12. Madrid.
- (1989). «La meteorología marítima al segle XIII. La conquesta de Mallorca». *Miramar. Revista trimestral*, 1 i 2, 1: 3-4; 2: 4-5. OCB. Valldemossa. Signat Es Patró Jaume.
- PARRA, I. (1992). Veg. Fotugne, M.; Juliá, R.; Parra, I.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1992).
- PÉREZ-OBÍOL, R. (1992). Veg. Fotugne, M.; Juliá, R.; Parra, I.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1992).
- (1994). Veg. Burjachs, F.; Juliá, R.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1994).
- ROURE, J. M. (1992). Veg. Fotugne, M.; Juliá, R.; Parra, I.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1992). Mallorca Clima Vegetació Paleoclima.
- (1994). Veg. Burjachs, F.; Juliá, R.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. (1994).

ILLA DE MENORCA

- CLEGHORN, G. (1768). *Observations on the epidemical diseases in Minorca from the year 1744 to 1749. A short account of the climate, productions, inhabitants and endemial distempers of that Island*. 3a. edició. Londres. T. Cadell (Successor to Mr. Millar) and D. Wilson and G. Nicol, in the Strand. George Cleghorn era Lecturer of Anatomy a la University of Dublin, formerly Surgeon to the Twenty-second Regiment of Foot.
- YLL AGUIRRE, E. I. (1992). *Estudi de la vegetació i el clima durant el Tardiglacial i Postglacial a partir d'anàlisis pol·líniques al Delta de l'Ebre i Menorca*. ETD micropublicacions, SL. Barcelona. És la tesi doctoral de l'autor, presentada a la Facultat de Ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona el 1992.

METEOROLOGIA I OCEANOGRAFIA

MEDITERRANI

- ALONSO OROZA, S.; BLADÉ, I.; GOMIS BOSCH, D.; TINTORÉ SUBIRANA, J. (1991). «Resultados preliminares del proyecto de ondas de talud en el Mediterráneo Occidental. Génesis, amplificación y fenómenos de resonancia». *Les «rissagues» de Ciutadella i altres oscil·lacions de nivell de la mar de gran amplitud a la Mediterrània*, 59-61. Institut Menorquí d'Estudis. Maó. Són les actes de les Jornades sobre «rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Meniterrani, celebrades a Ciutadella el 1987.
- ALONSO OROZA, S.; GOMIS BOSCH, D.; TINTORÉ SUBIRANA, J. (1987). «A theoretical study of large sea level oscillations in the westwen mediterranean». *Marine Sciences Research Center*. State University of New York.
- ALONSO OROZA, S.; GOMIS BOSCH, D.; TINTORÉ SUBIRANA, J.; VIÚDEZ LOMBA, A.; WERNER, F. (1994). «Mesoscale variability and Q vector vertical motion in the Alboran Sea». *Coastal and Estuarine Studies, AGU*, 46, 47-72.
- ÁLVAREZ DÍAZ, A.; GOMIS BOSCH, D.; PINOT, J. M.; REUS, C.; TINTORÉ SUBIRANA, J.; VIÚDEZ LOMBA, A. (1994). «Mesoscale and large scale circulation in the western Mediterranean: Observations and numerical modelling». *Modelado de Sistemas en Oceanografía, Climatología y Ciencias Mediambientales: Aspectos matemáticos*, 149-161.
- BALLESTER CRUELLAS, M.; JANSÁ CLAR, A. (1982). «Ondas cortas atmosféricas con interacciones aire-mar en el Mediterráneo». *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales LXXVI*, Cuaderno 3, 373-383. Madrid.
- BALLESTER CRUELLAS, M.; JANSÁ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1982). «Ondas cortas atmosféricas con interacciones aire-mar en el Mediterráneo». *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales LXXVI*, Cuaderno 3, 692-698. Madrid.
- BLADÉ, I. (1991). Veg. Alonso Oroza, S.; Bladé, I.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J. (1991).
- GARAU SAGRISTÁ, C. (1987). «Algunos datos y conjeturas sobre rissagues y puntas de rissaga». Jornades sobre les «rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- GARCIES, M.; GOMIS BOSCH, D.; MONSERRAT TOMÀS, S. (1993). «Large Amplitude Sea-Level Oscillations in the Western Mediterranean: The “Rissaga” Phenomenon». Resum de la comunicació presentada a la XXIV Biental de la RSEF, Jaca, setembre de 1993.
- GOMIS BOSCH, D. (1987). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- (1991). Veg. Alonso Oroza, S.; Bladé, I.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J. (1991).
- (1993). Veg. Garcies, M.; Gomis Bosch, D.; Monserrat Tomàs, S. (1993).
- (1994a). Veg. Álvarez Díaz, A.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J.M.; Reus, C.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1994).
- (1994b). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A.; Werner, F. (1994).
- GOMIS BOSCH, D.; MONSERRAT TOMÀS, S.; TINTORÉ SUBIRANA, J. (1993). «Pressured-forced seiches of large amplitude in the Balearic Islands». *J. Geophys. Res.*, 98, 14437-14445.

- JANSÀ CLAR, A. (1982a). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1982).
- (1982b). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A. (1982).
- JANSÀ CLAR, A.; LÓPEZ JURADO, J. L.; MIRALLES, L.; SALAT, J.; TINTORÉ SUBIRANA, J. (1987). «A simple model of a water column applied to the deep water formation in Northern Catalan Sea». *Annales Geophysicae*, 5 B, 55-60.
- JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1981). «Condicions meteorològiques simultànies a l'aparició d'oscil·lacions del nivell del mar d'amplitud extraordinària a la Mediterrània Occidental». *Oceanografia de la Mediterrània Occidental*. Palma.
- (1983a). «Acerca del fenómeno de las “rissagues” bajo el punto de vista meteorológico». V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica.
- (1983b). «Condiciones meteorológicas simultáneas a la aparición de oscilaciones del nivel del mar de amplitud extraordinaria en el Mediterráneo occidental». *Revista de Geofísica*, 39, 35-42. Madrid.
- (1986). Numerical Lam Requiriments for forced “seiches” prediction in the Western Mediterranean. *LAM Newsletter. VIII European Working Group on Limited Area Modelling (EWGLAM) Meeting (Madrid 13 al 16 de Octubre de 1986)*, 13, 120-128.
- (1987). «Estructuras a escala sinóptica y a mesoescala simultáneas a la aparición de las rissagues». Jornades sobre «Rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- (1988a). «Meteorological conditions simultaneous to forced “seiches” in the Western Mediterranean». *Annales Geophysicae*, 79, edició especial. European Geophysical Society. Bolonya. Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XIII General Assembly, Bolonya, 1988.
- (1988b). «Use of satellite pictures to predict large amplitude “seiches” in the short — and very short— range». *Abstract brochure. 7th Meteosat Scientific Users Meeting, EUM B 01, EUMETSAT/INM*. INM, 76. Madrid. Comunicació presentada a l'European Geophysical Society. XIII General Assembly, Bolonya, 1988.
- (1990a). «Observació remota de núvols en casos de “rissaga”». *Les Rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud a la Mediterrània. Textos de les comunicacions presentades a les I Jornades. 1987*, 85-91. Institut Menorquí d'Estudis. Ciutadella. (Col·lecció Recerca, 2).
- (1990b). «Situación meteorológica a escala sinóptica y a mesoescala simultánea a la aparición de las “rissagues”». *Les Rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud a la Mediterrània. Textos de les comunicacions presentades a les I Jornades. 1987*, 27-38. Institut Menorquí d'Estudis. Ciutadella. (Col·lecció Recerca, 2).
- LÓPEZ JURADO, J. L. (1987). Veg. Jansà Clar, A.; López Jurado, J. L.; Miralles, L.; Salat, J.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- MIRALLES, L. (1987). Veg. Jansà Clar, A.; López Jurado, J. L.; Miralles, L.; Salat, J.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- MONSERRAT TOMÀS, S. (1993). Veg. Garcies, M.; Gomis Bosch, D.; Monserrat Tomàs, S. (1993).
- (1994). *Tropospheric gravity waves in the western Mediterranean and the «Rissaga» phenomenon*. UIB. Palma. (Microfitxa, 51). És la tesi doctoral de l'autor, presentada al Departament de Física de la UIB.
- NET, M. (1986). *Contribució a l'estudi de les rissagues*. Barcelona. Inèdit. És la tesi de llicenciatura de l'autora, presentada a la UPB.

- PINOT, J. M. (1994). Veg. Álvarez Díaz, A.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Reus, C.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1994).
- QUEREDA SALA, J. (1984). «Perturbations atmosphériques et temperature marine en Méditerranée Occidentale». *Méditerranée*, 3, 11-16. Aix-En-Provence.
- RAMIS NOGUERA, C. (1981). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1981).
- (1982). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1982).
- (1983a). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1983a).
- (1983b). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1983b).
- (1986). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1986).
- (1987). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1987).
- (1988a). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988a).
- (1988b). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1988b).
- (1990a). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1990a).
- (1990b). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1990b).
- REUS, C. (1994). Veg. Álvarez Díaz, A.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Reus, C.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1994).
- SALAT, J. (1987). Veg. Jansà Clar, A.; López Jurado, J. L.; Miralles, L.; Salat, J.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- TINTORÉ SUBIRANA, J. (1987a). Veg. Jansà Clar, A.; López Jurado, J. L.; Miralles, L.; Salat, J.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- (1987b). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J. (1987).
- (1991). Veg. Alonso Oroza, S.; Bladé, I.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J. (1991).
- (1994a). Veg. Álvarez Díaz, A.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Reus, C.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1994).
- (1994b). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A.; Werner, F. (1994).
- VIÚDEZ LOMBA, A. (1994a). Veg. Álvarez Díaz, A.; Gomis Bosch, D.; Pinot, J. M.; Reus, C.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A. (1994).
- (1994b). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A.; Werner, F. (1994).
- WERNER, F. (1994). Veg. Alonso Oroza, S.; Gomis Bosch, D.; Tintoré Subirana, J.; Viúdez Lomba, A.; Werner, F. (1994).

ILLES BALEARS

- BALLESTER CRUELLAS, M. (1987). «Possibilitat d'aplicació de la distribució espectral i transferència d'energia al fenomen de les rissagues». Jornades sobre les «Rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- JANSÀ CLAR, A.; RAMIS NOGUERA, C. (1991a). «Situación meteorológica a escala sinóptica y a mesoescala simultánea a la aparición de las rissagues». *Les rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions de nivell de la mar de gran amplitud a la Mediterrània*, 27-38. IME. Maó.
- (1991b). «Observació remota dels núvols en casos de rissaga». *Les rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions de nivell de la mar de gran amplitud a la Mediterrània*, 84-86. IME. Maó.
- MONSERRAT TOMÀS, S.; RAMIS NOGUERA, C. (1990). «Dynamic Stability analysis for gravity waves during “rissag” phenomena». XV EGS General Assembly, Copenhagen, abril de 1990. Inèdit.

- MONSERRAT TOMÀS, S.; THORPE, J. A. (1992a). «Gravity Wave Observations Using an Array of Microbarographs in the Balearic Islands». *Q. J. R. Meteor. Soc.*, 118, 259-282. Regne Unit.
- (1992b). «Study of atmospheric gravity waves over the Balearic Islands using surface pressure observations: Their connection with the “rissaga” phenomenon». *Wighth Conference Atmospheric and Oceanic Waves and Stability*, 336-339. American Meteorological Society (Preprints).
- RAMIS NOGUERA, C. (1990). Veg. Monserrat Tomàs, S.; Ramis Noguera, C. (1990).
- (1991a). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1991a).
- (1991b). Veg. Jansà Clar, A.; Ramis Noguera, C. (1991b).
- THORPE, J. A. (1992a). Veg. Monserrat Tomàs, S.; Thorpe, J. A. (1992a).
- (1992b). Veg. Monserrat Tomàs, S.; Thorpe, J. A. (1992b).

ILLA DE MALLORCA

- LLABRÉS, J. (1933). «Un temporal al port de Palma». *La Nostra Terra* VI, 61, 19-25. Associació per la Cultura de Mallorca. Palma: I. de Francesc Soler.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1947). «Observaciones sobre la relación de la presión atmosférica con el nivel del mar realizadas en la Bahía de Palma de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 50 i 51, s. p. Diputació Provincial de Balears. Palma.
- NAVARRO, F. de P. (1930). *Régimen térmico de la Bahía de Palma de Mallorca*. Sèrie II-42, 27 + 9 fig. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. (Notas y resúmenes).
- (1931). *Nuevos estudios sobre la temperatura, la salinidad y la circulación del agua en la Bahía de Palma de Mallorca*. Sèrie II-47, 45 + 18 fig. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. (Notas y resúmenes).
- (1935). *Nuevos datos sobre la continua variación de la temperatura de las aguas submarinas en la Bahía de Palma de Mallorca*. Sèrie II-90, 30 + 10 fig. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. (Notas y resúmenes).
- VERCELLI, F. (1936). *Analisi delle sesse termiche nelle acque della Bahía de Palma de Mallorca*. Sèrie II-93, 27. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. (Notas y resúmenes).

ILLA DE MENORCA

- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; HEREDIA JODAR, M. A.; JANSÀ CLAR, A. (1990). «Análisis armónico de las “rissagues” de Biniancolla (Menorca)». *Les Rissagues de Ciutadella i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud a la Mediterrània. Textos de les comunicacions presentades a les I Jornades. 1987*, 49-56. Institut Menorquí d'Estudis. Ciutadella. (Col·lecció Recerca, 2).
- GARCIES, M.; GOMIS BOSCH, D.; MONSERRAT TOMÀS, S. (1993). «Large Amplitude Sea-Level Oscillations at Ciutadella harbour: The “rissaga” phenomenon». Resum de la comunicació presentada a la Flight International Conference on Natural and Man-made Hazards. HAZARDS'93, celebrada a Quindao (la Xina), agost-setembre de 1993.
- GOMIS BOSCH, D. (1993). Veg. Garcies, M.; Gomis Bosch, D.; Monserrat Tomàs, S. (1993).
- HEREDIA JODAR, M. A. (1990). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansà Clar, A. (1990).

- IBBETSON, A.; MONSERRAT TOMÀS, S.; THORPE, J. A. (1991). «Atmospheric Gravity Waves and the “rissaga” Phenomena». *O. J. Roy. Meteor. Soc.*, 117, 553-570.
- JANSÁ CLAR, A. (1974). «La temperatura superficial del mar y previsión de mínimos en el aeropuerto de Menorca». *Revista de Aeronáutica y Astronáutica XXXIV*, 407, 785-788. Ministerio del Aire. Madrid.
- (1977). «Naufragio en Na Macaret (Menorca)». *Revista de Meteorología Marítima*, 27, 10-13. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- (1986). «Respuesta marina a perturbaciones mesometeorológicas: La “rissaga” de 21 de Junio de 1994 en Ciutadella (Menorca)». *Revista de Meteorología*, 7, 5-30. AME. Madrid.
- (1987). «Análisis del sistema de alertas meteorológicas. Servicio de predicción de “rissagues” i campanya “Previmet Mediterráneo 87”». Jornades sobre «Rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- (1990). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Heredia Jodar, M. A.; Jansá Clar, A. (1990).
- MONSERRAT TOMÀS, S. (1991). Veg. Ibbetson, A.; Monserrat Tomàs, S.; Thorpe, J. A. (1991).
- (1993). Veg. Garcies, M.; Gomis Bosch, D.; Monserrat Tomàs, S. (1993).
- MONSO, J. L.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; SIERRA, J. P. (1987). «Análisis numérico de la resonancia en la Bahía de Mahón». Jornades sobre les «rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- RODRÍGUEZ, I. (1987). «Análisis de resonancia del puerto de Ciutadella». Jornades sobre les «rissagues» i altres oscil·lacions del nivell de mar de gran amplitud en el Mediterrani, Institut Menorquí d'Estudis, Ciutadella.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (1987). Veg. Monso, J. L.; Sánchez-Arcilla, A.; Sierra, J. P. (1987).
- SIERRA, J. P. (1987). Veg. Monso, J. L.; Sánchez-Arcilla, A.; Sierra, J. P. (1987).
- THORPE, J. A. (1991). Veg. Ibbetson, A.; Monserrat Tomàs, S.; Thorpe, J. A. (1991).

CLIMA I CARST

ILLA DE MALLORCA

- GINÉS GRACIA, A.; GINÉS GRACIA, J.; HERNÁNDEZ, J.; POL, A. (1987). «Observaciones sobre la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la cova de les Rodes (Pollença, Mallorca)». *Endins. Publicació d'Espeleologia*, 13, 27-38. Federació Balear d'Espeleologia. Palma.
- GINÉS GRACIA, A.; GINÉS, M. (1992). «Principals característiques climàtiques des Clot des Cero (Calvià, Mallorca)». *Endins. Publicació d'Espeleologia*, 17-18, 37-42. Federació Balear d'Espeleologia. Palma.
- GINÉS GRACIA, J. (1987). Veg. Ginés Gracia, A.; Ginés Gracia, J.; Hernández, J.; Pol, A. (1987).
- GINÉS, M. (1992). Veg. Ginés Gracia, A.; Ginés, M. (1992).
- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1995). «Aspectes bioclimàtics del carst de Mallorca». *Endins. Publicació d'espeleologia*, 20, 17-26. Federació Balear d'Espeleologia. Palma. També: SHNB. (Monografies, 3).

- HERNÁNDEZ, J. (1987). Veg. Ginés Gracia, A.; Ginés Gracia, J.; Hernández, J.; Pol, A. (1987).
- POL, A. (1987). Veg. Ginés Gracia, A.; Ginés Gracia, J.; Hernández, J.; Pol, A. (1987).
- SOBERTAS BAUZÁ, J. (1974). «Nota sobre la presencia de hielo en una sima de Mallorca». *Endins. Publicació d'Espeleologia*, 1, 25-26. Delegació Balear CCBE. Palma.

METEOROLOGIA I HIDROLOGIA

MEDITERRANI

- BARCELÓ PONS, B. (1981). «Causas de las inundaciones en las costas mediterráneas de la península Ibérica». *Huracanes e Inundaciones. Causas, consecuencias y prevención*. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas de México. La Paz, Baja California Sur, Mèxic. Inèdit.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1970). «El clima i les aigües: Dinàmica del clima». *Geografia de Catalunya*, cap. IX. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- L. G. P. (1970?). «Los torrenciales aguaceros de la cuenca mediterránea». *Calendario Meteoro-fenológico 1971?*, 161-172. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1974). «Les crues catastrophiques sur la Méditerranée Occidentale». *Flash floods, proceeding of the Paris Symposium. September 1974*, 112, 119-132. IAHS. París.
- (1976). «Avenidas catastróficas en el Mediterráneo Occidental». *Hidrología*, abril-juliol, 117-132. Madrid.
- (1983). «Consideraciones generales sobre la meteorología de las riadas en el levante español». *Estudios Geográficos*, 44, 31-53. Instituto Elcano, CSIC. Madrid. Mediterrani Clima Hidrologia.

ILLES BALEARS

- GUIJARRO PASTOR, J. A. (1980). «Cálculo de evapotranspiraciones potenciales en Baleares por el método de Linacré». *Trabajos de Geografía. Miscelánea 1978-1979*, 35, 105-112. Palma. DG de la UPM.

ILLA DE MALLORCA

- CALDENTEY, M.; CORTÉS, J.; FEBRER, R.; SOLER, J. M.; UMBERT, F. (1989). «La inundació (del 6 de Setembre de 1989 a Sant Llorenç)». *Flor de Card*, 153, 159-166.
- CERDÀ, V.; COLOM, M.; FORTEZA, R.; MATEU, J. (1993a). «Monitoring of Major and Minor Inorganic Components of aerosols from the Mallorca Station». *Proceedings*. Plymouth.
- (1993b). «Monitoring of Major and Minor Inorganic Components of aerosols from the Mallorca Station». A: MARTIN, J. M.; BARTH, H. (ed.). *Water Pollution Research Reports*. EROS 2000 Commission of the European Communities. Brussel-les.
- COLOM, M. (1993a). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993a).
- (1993b). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993b).

- CORBÍ MATEU, A.; GRIMALT GELABERT, M. (1990). «El Torrent de sa Cabana (Manacor): Factors que expliquen la seva perillositat». *II Jornades de medi Ambient de les Illes Balears*, 50-52. UIB-SHNB. Palma. Comunicació presentada a les II Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears, Palma, 23-25 d'abril de 1990.
- CORTÉS, J. (1989). Veg. Caldentey, M.; Cortés, J.; Febrer, R.; Soler, J. M.; Umbert, F. (1989).
- DAMIANS MANTE, A. (1900). «Aiguat en Mallorca (1403). Lletra dels Jurats als Consellers de Barcelona». *BSAL VIII*, 289-290. Palma.
- FEBRER, R. (1989). Veg. Caldentey, M.; Cortés, J.; Febrer, R.; Soler, J. M.; Umbert, F. (1989).
- FORTEZA, R. (1993a). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993a).
— (1993b). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993b).
- GARCÍA MOYA ZAPATA, J. A.; MARTÍN LEÓN, F. (1989). «Previmet Mediterráneo 88. Estudio de las inundaciones de Peguera». *I Simposium Nacional de Predictores del INM*, 85-96. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- GRIMALT GELABERT, M. (1987). «Les inundacions de 1962 a Mallorca». *El Mirall*, 12, 23-25. OCB. Palma.
— (1989a). «Les inundacions històriques de Sa Riera». *Treballs de Geografia*, 42, 19-26. Palma. DCT de la UIB.
— (1989b). «L'any de sa torrentada». *El Mirall*, 31, 24-32. OCB. Palma.
— (1990a). Veg. Corbí Mateu, A.; Grimalt Gelabert, M. (1990).
— (1990b). «Puntes de cabal als torrents del Llevant de Mallorca durant les revingudes del Setembre de 1989». *II Jornades de medi Ambient de les Illes Balears*, 52-53. UIB-SHNB. Palma. Comunicació presentada a les II Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears, Palma, 23-25 d'abril de 1990.
— (1991a). «Floods in Mallorca». *Workshop*. Aberdeen.
— (1991b). «Inundacions del 1990». *El Mirall*, 40, 43-49. OCB. Palma.
— (1992). *Aproximació a una geografia del risc a Mallorca. Les inundacions*. Institut d'Estudis Balearics, 360. Palma. És la tesi doctoral de l'autor, presentada a la UIB el 1989 i dirigida per P. Salvà Tomàs.
- GRIMALT GELABERT, M.; RODRÍGUEZ PEREA, A. (1989). «Cabals màxims al Llevant i Migjorn de Mallorca durant les revingudes del setembre de 1989». *Treballs de Geografia*, 42, 7-18. Palma. DCT de la UIB.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1949-1950). «El desagiüe superficial sobre la Isla de Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1949: 84; 1950: 85, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
— (1951). «Hidrología superficial de la Isla de Mallorca». *Revista de Geofísica X*, 38, 98-117. Instituto Nacional de Geofísica, CSIC. Madrid.
- MARTÍN LEÓN, F. (1989). Veg. García Moya Zapata, J. A.; Martín León, F. (1989).
- MATEU, J. (1993a). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993a).
— (1993b). Veg. Cerdà, V.; Colom, M.; Forteza, R.; Mateu, J. (1993b).
- RODRÍGUEZ PEREA, A. (1989). Veg. Grimalt Gelabert, M.; Rodríguez Perea, A. (1989).
- ROIG ADROVER, M. (1981). «La inundación de 1946 en Campos». *Campos*, 3, 8-9.
- RULLÁN MIR, J. (1885). *Inundación de Soller y Fornalutx*. Guasp, 117. Palma.
- S. A. (1850). *Memoria de las inundaciones de la Riera. Sacada de los noticiarios contemporáneos (1403-1850)*. Trias, 24. Palma.
- SOLER, J. M. (1989). Veg. Caldentey, M.; Cortés, J.; Febrer, R.; Soler, J. M.; Umbert, F. (1989).

UMBERT, F. (1989). Veg. Caldentey, M.; Cortés, J.; Febrer, R.; Soler, J. M.; Umbert, F. (1989).

ILLES PITIÜSES

FAJARNÉS TUR, E. (1903). «Inundación en Ibiza en 1850». *Los Archivos de Ibiza XV* (any II), 113-114. Maó. Direcció: J. Clapés. I. de Bernardo Fábregues.

MARÍ CARDONA, J. (1985). «Eivissa i Formentera, illes assedegades». *Eivissa*, 15-16 (III època), 4(88)-7(91). Institut d'Estudis Eivissencs. Vila d'Eivissa.

ÒPTICA ATMOSFÈRICA I VISIBILITAT

ILLES BALEARS

FONTSERÉ, E. (1921). «Sobre la transparencia de la atmósfera desde las Baleares al Puigmal». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Barcelona, 281.

ILLA DE MALLORCA

GRAFF, K. (1931a). «Photometrische Beobachtungen der Milchstrasse un des Zodiacallichtes auf Mallorca». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse*, 140, 739-742. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

— (1931b). «Photometrische Beobachtungen des Eros auf Mallorcan im Winter 1930-1931». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse II a*, 140, 7, 499-511. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

— (1931c). «Prüfung der winterlichen Himmels-Klarheit während der Dämmerung auf der Insel Mallorca». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse* 140, 7, 513-518. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

— (1932a). «Beobachtung einiger meteorologisch-optischer Dämmerungserscheinungen auf der Insel Mallorca». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse* 141, 3-4, 173-185. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

— (1932b). «Messungen der Dämmerungshelligkeit auf Mallorca bei Sonnenhöhen zwischen -9° und -13° ». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse* 141, 8, 509-513. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

— (1932c). «Messungen des nächtlichen Transmissionskoeffizienten des Atmosphäre auf Mallorca im Winter 1930-1931». *Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien. Matematische-naturwiss Klasse II a*, 141, 1 i 2, 103-112. Hölder-Pichler-Tempsky. Wien und Leipzig.

JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1944). «La visibilidad de Mallorca desde Barcelona». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 18, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

— (1956). «Las observaciones del Dr. Graff en Mallorca (1931-1932)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 157 i 158, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

PALOS, B. (1992). «Una excepcional sortida de sol (Damunt del Teix), 25-VIII-1991». *Miramar. Revista trimestral* 10, 21. OCB. Valldemossa.

ILLA DE MENORCA

PONS, F. (1957). «Interesante observación del halo (en Sant Lluís. Menorca)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 173 i 174, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.

CLIMA I VEGETACIÓ

ILLES BALEARS

GUIJARRO PASTOR, J. A. (1985). «Clima y vegetación en el Mediterráneo». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 51-58. Madrid.

ILLA DE MALLORCA

GUIJARRO PASTOR, J. A.; LLORENS, L. (1984). «Influencia de algunos factores ambientales en la vegetación de los taludes costeros del SW de Mallorca». *Avances sobre la Investigación en Bioclimatología. VIII Reunión de Bioclimatología*, 101-108. Universidad de Salamanca. Salamanca.

GUIJARRO PASTOR, J. A.; MOREY ANDREU, M. (1988). «La fenología del *Asphodelus aestivus* Brot. como indicadora de condiciones macro y microclimáticas». *IX Reunión de Bioclimatología. 1985. Avances sobre investigación en Bioclimatología*, 361-368. CSIC. Almería.

LLORENS, L. (1984). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Llorens, L. (1984).

MOREY ANDREU, M. (1988). Veg. Guijarro Pastor, J. A.; Morey Andreu, M. (1988).

CLIMA I ACTIVITATS AGRÀRIES

ILLES BALEARS

ÁLVAREZ LOMBA, A. (1985). «Clima y almendro». *Asociación Meteorológica Española. XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea. Menorca-Mallorca, 10-14 de Octubre de 1980*, 11-33. Madrid.

GARCÍA PEDRAZA, L. (1985). «Agrometeorología Balear». *XI Jornadas Científicas. I Congreso de Meteorología Mediterránea*, 35-50. AME.

JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1956-1957). «Rasgos esenciales del clima agrícola en Baleares». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 1956: 166, 167 i 168; 1957: 169, 170, 174, 175 i 176, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

— (1958a). *Problemas Meteorológicos de la Región Balear*. Ajuntament de Palma, 99. Palma. Premi Ciutat de Palma.

- (1958b). «Rasgos esenciales del clima agrícola en Baleares». *Boletín Agro-pecuario*, abril-juny. Caja de Pensiones para la Vejez y de Ahorros. Barcelona.
- LEÓN LLAMAZARES, A. de (1990). *Caracterización agro-climática de la Provincia de Baleares*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 159. Madrid. Balears Clima Agraria.
- S. A. (1943). «Del Congreso Sindical Agropecuario» (Palma, del 24 al 26 de maig de 1943). Ponència: Climatologia (Ponent: J. M. Jansà Guardiola). *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 6 i 10, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- VIDAL, J. M. (1951). «La lluvia, factor fundamental en el cultivo del secano». *Boletín de Agricultura*, 87, 1-2.

ILLA DE MALLORCA

- JAUME MIRALLES, J. (1947). «Estampas mallorquinas: Sa gelada». *Boletín de Agricultura*, 31, 3-4. Palma.
- OLIVER, A. (1933). «Condiciones climatológicas y agrícolas de San Juan de Mallorca». *Memoria de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona XXIII* (III època), 14, 275-307. Subs. de Lopez Robert y Cia. Impresors. Barcelona. Va ser reeditat al *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 374 (febrer) a 378 (juny), s. p., 1974.
- ROSSELLÓ ROSSELLÓ, A. (1959). «Comentario a los daños causados por el frío del año 1956 a los frutales de secano de Mallorca». *Boletín de Agricultura*, 73, 11-12. Palma.

CLIMA I MEDI AMBIENT

ILLES BALEARS

- CATALÁ, P. J.; CERDÁ, V.; MORCILLO, M. (1993). «La corrosión atmosférica en las Islas Baleares». *Mapas de corrosividad de España*.
- CERDÁ, V. (1993). Veg. Catalá, P. J.; Cerdá, V.; Morcillo, M. (1993).
- JANSÁ CLAR, A. (1986). «Contaminación atmosférica». *Curso de Evaluaciones del Impacto Ambiental*. Conselleria d'Obres Públiques del GB-MOPU. Palma.
- MORCILLO, M. (1993). Veg. Catalá, P. J.; Cerdá, V.; Morcillo, M. (1993).

ILLA DE MENORCA

- CALAFAT, A.; JANSÁ CLAR, A.; RITA LARRUCEA, J. (1984). «La salinización de origen eólico en Menorca (Baleares). Primeros datos experimentales en interpretación». *VIII Reunión de Bioclimatología I*, 641-648. Saragossa.
- JANSÀ CLAR, A. (1982). *Vent i aerosol salt a Menorca. Avaluació i efectes agraris i ecològics*. 65 folis + 12 fig. + 3 annexos. Consell Insular de Menorca. Maó. A. Jansà Clar va dirigir el grup que realitzà aquest estudi i va redactar el text citat.
- (1984). Veg. Calafat, A.; Jansà Clar, A.; Rita Larrucea, J. (1984).
- PONS, M.; PRETUS, J. L. (1989). *Estudi sobre la química de la precipitació de Menorca*. Inèdit.
- PRETUS, J. L. (1989). Veg. Pons, M.; Pretus, J. L. (1989).
- RITA LARRUCEA, J. (1984). Veg. Calafat, A.; Jansà Clar, A.; Rita Larrucea, J. (1984).

CLIMA I POBLACIÓ

ILLES BALEARS

BALLESTER CRUELLAS, M.; JANSÀ CLAR, A. (1980). «Dinàmica anticiclònica i ecologia humana». *XI Congrés de Metges i Biòlegs de Llengua Catalana*. Reus. Inèdit.

JANSÀ CLAR, A. (1980). Veg. Ballester Cruellas, M.; Jansà Clar, A. (1980).

ILLA DE MALLORCA

FAJARNÉS TUR, E. (1896). «Demografía y climatología de Palma de Mallorca. 1886-1894». *RBMFV XII*, 449-451; 549-552; 533-556; 557-559; 577-579. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.

— (1898). «Demografía y climatología de Palma de Mallorca». *RBMFV XIV*, 1-4; 97-100; 121-125. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.

— (1902). «Influencia de las estaciones en la mortalidad de Palma». *RBMFV XXIII*, 14-16; 63-65; 85-87. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.

MAYOL VIDAL, A. (1891). «Datos y observaciones acerca de los caracteres medico-meteorológicos del clima de Palma en sus relaciones con el de Mallorca y con la climatología general (Periodo 1 de Marzo de 1885 a 1 de Marzo de 1890)». *RBMFV VII*, 193-209; 289-309; 321-338. Colegio Médico-Farmacéutico de Palma. Palma.

CLIMA I TURISME

ILLES BALEARS

JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1950). «Meteorología y turismo». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 88 i 89, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

ILLA DE MALLORCA

BARCELÓ BARCELÓ, A. (1960). «El clima y el paisaje de Mallorca en invierno». *BCOCINP LX*, 626, 19-23. Palma.

CLIMA I ETNOLOGIA

ILLES BALEARS

AMADES, J. (1925). «Responent a un questionari. Meteorologia popular». *El Tresor dels Avis*, 4, 49-56; 64-72; 81-85.

JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1943). «Refranero meteorológico (Santa Bibiana)». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 12, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.

- (1944). «La Luna y el tiempo». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 20, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- (1951). «Meteorología y folklore». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 101, 102 i 103, 101-103. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- SANCHIS GUARNER, M. (1952). *Els vents segons la cultura popular*. Barcino, 64. Barcelona.
- (1958). «Los vientos baleáricos en el refranero». *Menorca VIII*, 2360 (16-IX-1948). Maó.

ILLA DE MALLORCA

- AGUILÓ ADROVER, C. (1986). «Sobre els noms d'alguns núvols de Santanyí». *Sal i Xeixa*, 20, 12.
- ANKERMAN, J. (1944). «Refranero meteorológico balear. Mallorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 14, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- CANUTO BAUÇÀ, F. (1991). «Meteorologia popular. S'Encruia des Ferrer, un dels noms més populars del cumulo-nimbus al Pla de Mallorca». *Mel i Sucre*, 134, 14-18. OCB. Sant Joan.
- FERRER GINARD, A. (1922a). «Meteorologia. Núvols». *El Tresor dels Avis I*, 105-106. Palma.
- (1922b). «Meteorologia. Senyals de pluja». *El Tresor dels Avis I i II*, I: 141-142; II: 159-160. Palma.
- (1922c). «Meteorologia. Senyals de pluja i refranys sobre pluja». *El Tresor dels Avis I*, 172-175. Palma.
- (1922d). «Núvols. Noms, formes especials i lo que pronostiquen». *El Tresor dels Avis I*, 8-11. Palma.
- (1971). «Creences vulgars sobre el temps». *El Tresor dels Avis*, 19 (segona època), 149-150. Palma.
- (1972). «Elements estivals». *El Tresor dels Avis*, 24 (segona època), 19-21. Palma.

ILLA DE MENORCA

- CAMPS MERCADAL, F. (1917). «Dites de s'arc de Sant Martí». *Revista de Menorca XII* (V època), 15-18. Maó.
- CARDONA, P. M. (1916). «Sobre folklore menorquí». *Revista de Menorca XXI* (V època), 382-383. Maó.
- (1917). «Un poco más sobre folklore meteorológico». *Revista de Menorca XII* (V època), 150-153. Maó.
- JANSÁ GUARDIOLA, J. M. (1944). «Refranero meteorológico menorquí». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 14, s. p. Diputación Provincial de Baleares. Palma.
- LAFUENTE VANRELL, L. (1916). «Un poco más sobre folklore meteorológico menorquí». *Revista de Menorca XI* (V època), 150-153. Maó.
- PONS, F. (1944). «Refranero meteorológico balear. Menorca». *Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares*, 13-14, s. p. Zona Aérea de Baleares. Palma.
- RAMON DES PUJOLS (1928). «Supersticions de Menorca. Astres i Meteors». *El Tresor dels Avis VII*, 15 i 16, 15: 114-115; 16: 125-126.

ILLES PITIÜSES

S. A. (1947). «Refranes mariners (d'Eivissa)». *Ibiza*, 23 (any IV), 399. Sociedad Cultural y Artística Ebusus. Eivissa.

Normes de publicació

La revista TERRITORIS, del Departament de Ciències de la Terra, que edita el Servei de Publicacions de la Universitat de les Illes Balears, publicarà aquells treballs que abastin qualsevol de les àrees de les Ciències de la Terra que siguin tramesos al seu consell de redacció, i amb especial preferència, aquells que es refereixin a l'àrea balear. Tots, però, per poder ésser publicats, hauran de tenir el vistiplau del consell de redacció de la revista, amb l'assistència del consell acadèmic.

Els treballs hauran de tenir, per norma general, una extensió compresa entre 4 i 20 fulls DIN A4 a doble espai, inclosos els resums, figures, taules i referències. Els treballs s'han de presentar per duplicat mecanografiats a doble espai i amb marges amples per indicar-hi la posició aproximada de les figures i/o taules. Els articles s'han de presentar en paper i en suport informàtic, en Word o en format d'intercanvi. Les figures i les taules s'han de presentar amb numeració aràbiga i romana, respectivament. Les figures i les taules han de tenir qualitat per poder ésser reproduïbles directament; preferentment s'han de presentar en el mateix format informàtic del text, Word o format d'intercanvi.

El títol haurà de ser concís i informatiu, i haurà de contenir el màxim nombre possible de paraules clau. El nom de l'autor (o dels autors) vindrà a continuació, amb indicació de la seva adreça i la institució a la qual pertany. El resum, de no més de 250 paraules, ha d'estar redactat en la mateixa llengua del treball i en anglès. S'han d'afegir entre tres i cinc mots clau en les dues llengües esmentades. El text podrà estar dividit en diferents apartats i ordres. Convé d'evitar les notes a peu de pàgina.

Les referències bibliogràfiques s'hauran de presentar obligatòriament per ordre alfabètic d'autors citats de la manera següent:

a) quan es tracti d'un llibre:

JAMES, P. (1972). *All Possible Worlds: a History of Geographical Ideas*. Londres: Bobbs-Merril, 210 pàg.

(Autor, cognom amb majúscules i inicials del nom; any de publicació entre parèntesis; títol del llibre en cursiva; lloc d'edició; editorial, núm. pàg.).

b) quan es tracti d'un article:

OLCINA CANTOS, J. (1996). «La Geografía hoy: Reflexiones sobre el pensamiento geográfico, la región i la docencia de la geografía». *Investigaciones Geográficas*, 16, 93-114.

MARTÍN, B. S.; UYSAL, M. (1990). «An Examination of the Relationship Between Carrying Capacity and the Tourism Lifecycle: Management and Policy Implications». *Journal of Environmental Management* I, 31, 327-333.

(Autor, cognom en majúscules i inicials del nom; any de publicació entre parèntesis; títol de la revista en cursiva; volum i número, primera i darrera pàgina).

Les citacions dins el text han de ser del sistema d'autor i data, com: Jansà (1996) o (Jansà, 1996). Si hi ha més de tres autors, s'utilitzarà la forma Jansà et al. (1996).

Per a una millor comprensió i adequació d'aquestes normes, pregam els autors que consultin qualsevol dels treballs publicats a TERRITORIS.



Universitat de les Illes Balears