



Jordi Mazon

Que plourà, avui?

**Totes les claus per entendre
el temps atmosfèric**



Que plourà, avui?

Jordi Mazon Bueso

Que plourà, avui?

Totes les claus per entendre el temps atmosfèric



U
B

Universitat de Barcelona

Publicacions i Edicions

Mazon, Jordi

Que plourà, avui? : totes les claus per entendre
el temps atmosfèric. - (Catàlisi ; 11)

ISBN: 978-84-475-3577-4

I. Títol II. Col·lecció

1. Meteorologia 2. Pronòstic del temps
 3. Contaminació atmosfèrica 4. Física atmosfèrica
-

© Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona

Adolf Florensa, s/n

08028 Barcelona

Tel.: 934 035 350

Fax: 934 035 446

www.publicacions.ub.edu

comercial.edicions@ub.edu

DIRECTORS

DE LA COL·LECCIÓ Héctor Ruiz i David Bueno

EDICIÓ CIENTÍFICA David Bueno

COORDINADOR

DE LA COL·LECCIÓ David Bueno

ISBN 978-84-475-3577-4

Dipòsit legal B-9.185-2012

Impressió i rellogat Gráficas Rey

És rigorosament prohibida la reproducció total o parcial
d'aquesta obra. Cap part d'aquesta publicació, inclòs el
disseny de la coberta, no pot ser reproduïda, emmagatzemada,
transmesa o utilitzada per cap mitjà o sistema, sense
l'autorització prèvia per escrit de l'editor.

Índex

Agraïments.	11
Justificació	13
Introducció	15
Part I. La meteorologia en el nostre dia a dia	
1. La influència del temps atmosfèric en els éssers vius	21
2. La meteorologia al mar.	39
3. La meteorologia a la muntanya	47
4. Meteorologia aplicada a l'aviació.	61
5. S'acosta un canvi de temps?	77
Part II. Alteracions i impactes antropogènics a l'atmosfera	
6. Contaminació atmosfèrica. Partícules i gasos contaminants	85
7. El boirum fotoquímic (<i>smog</i>)	95
8. La pluja àcida.	99
9. L'ozó estratosfèric	101
10. La contaminació acústica.	105
11. El canvi climàtic	107
12. El clima urbà. L'illa de calor de les ciutats.	121

Part III. Fonaments físics de la meteorologia

13.	Meteorologia i climatologia.	131
14.	L'atmosfera: origen, estructura, composició i funcions . . .	139
15.	Radiació solar i balanç energètic	153
16.	Moviments verticals de l'aire	161
17.	Moviments horitzontals de l'aire: el vent.	171
18.	La pressió atmosfèrica	185
19.	La circulació general de l'atmosfera	191
20.	Els centres d'acció: anticiclons i depressions	213
21.	Masses d'aire	223
22.	Els sistemes frontals	229
23.	Els núvols	235
24.	Els meteors	271

Als meus pares, Vicenç i Adela

Agraïments

Al Marcel Costa, per orientar-me i facilitar-me informació de la part II i algunes de les fotografies dels núvols i fenòmens meteorològics dels capítols 23 i 24.

Al David Pino, per la confiança i per brindar-me l'oportunitat d'introduir-me en el món de la meteorologia aeronàutica, i per tot el material acadèmic facilitat.

A l'Ester i el Nil, novament, i al Biel, per la paciència.

Al David Bueno, pels seus encertats suggeriments.

A l'Armand Gran, pel material gràfic facilitat.

A l'Alfons Puertas, per la fotografia del parheli.

Justificació

El procediment tradicional i més comú en l'ensenyament de les ciències, sobretot d'aquelles relacionades amb la física i les matemàtiques, s'ha caracteritzat per un estudi teòric previ dels conceptes bàsics i, de vegades, per aplicar-los posteriorment a alguns casos pràctics i a situacions reals. Sovint, però, aquesta metodologia no ha estat del tot profitosa en el procés d'aprenentatge de les ciències més vinculades a la física.

El procediment que es proposa aquí, en canvi, trenca una mica aquesta metodologia, atès que inicialment exposa casos pràctics d'aplicació de la meteorologia en diferents àmbits i també els principals impactes i alteracions que pateix l'atmosfera per causes antròpiques, a fi de motivar el lector a veure la necessitat, a partir d'aquests casos pràctics, de comprendre els fonaments teòrics de la meteorologia. Així, el llibre s'estructura en tres parts. A la primera, s'exposen diferents aplicacions de la meteorologia en diversos àmbits. A la segona part, s'exposen aquelles alteracions, influències i fenòmens vinculats a la meteorologia i la climatologia en què l'activitat antròpica n'és la causa principal, incloent l'estudi científic del canvi climàtic. És possible que el lector, en algun moment, hagi d'anar de les explicacions d'aquestes dues parts inicials a la tercera, on s'exposen els coneixements i els conceptes més teòrics de la meteorologia.

JORDI MAZON

Novembre del 2011

Introducció

La meteorologia forma part del nostre entorn immediat i modula gran part de les nostres activitats. Fins i tot s'ha especulat sobre si el caràcter de les persones té a veure amb els tipus de temps que afecten l'àrea geogràfica on viuen, els quals determinen els principals trets climàtics. És per això que parlar del temps sempre ha estat un recurs d'inici o continuació d'una conversa, perquè el tema no deixa indiferent a ningú. És també el motiu pel qual sovint els professionals, com ara els professors i investigadors que ens dediquem a la meteorologia, comencem a ser interrogats sobre el tema, per no parlar de la popularitat dels homes i les dones del temps dels mitjans de comunicació. Per contestar i resoldre dubtes sobre el temps, la seva evolució i la seva predicció, ja existeix una extensa bibliografia.

Tanmateix aquest llibre arriba per omplir un forat, entre els típics llibres de divulgació meteorològica i les obres més tècniques destinades als estudiants de la meteorologia. Es podria considerar també com un inici introductori per a aquests últims, sense perdre en cap cas el caràcter amable, amè i divulgatiu, ple de curiositats i casos quotidians. Això es percep des del primer moment, només donant una ullada a l'índex, que comença amb la influència de la meteorologia en el nostre dia a dia, continua amb les alteracions i els impactes que les nostres activitats ocasionen a l'atmosfera —tema en què l'autor és especialista— i dedica l'última part a descriure els fonaments físics de la meteorologia, tot just un ordre invers a l'habitual en la major part de llibres i que podríem dir que és un tret característic del que

tenim entre les mans. Aquesta ordenació ens apropa a la manera de percebre o sentir la meteorologia que tenim els éssers vius, com una variable important que afecta les nostres vides, la nostra activitat i, en general, com un dels principals factors socioeconòmics a tenir en compte. A continuació, detalla com els humans estem influïnt, generalment de forma negativa, en l'atmosfera, alterant les propietats de l'aire, fent-lo més irrespirable i provocant un canvi de clima involuntari que se'ns en pot anar de les mans fins a causar un fort impacte a escala global.

En definitiva, es tracta d'una obra molt valuosa. L'autor, un autèntic especialista en la matèria amb el qual tinc el plaer de col·laborar, tracta els temes amb rigor i amenitat. De ben segur que el llibre tindrà una gran utilitat, tant per als aficionats a la meteorologia com per als estudiants i el públic en general.

JERÓNIMO LORENTE CASTELLÓ
Catedràtic de Física de l'Atmosfera
Universitat de Barcelona

Part I
La meteorologia
en el nostre dia a dia

Sovint es pot tenir la sensació que els coneixements de meteorologia són exclusivament aplicats al pronòstic del temps atmosfèric, a conèixer si plourà o farà sol els propers dies. Aquesta impressió és molt allunyada de la realitat, ja que són molts els camps en què el coneixement de l'atmosfera resulta clau. La meteorologia és quelcom més que la previsió del temps atmosfèric! En aquesta primera part, es mostren algunes de les seves aplicacions en diferents camps. Primerament, en el dels éssers vius, incloent-hi els éssers humans, en què la meteorologia i la climatologia condicionen d'una manera fonamental la seva forma de viure i les relacions que estableixen amb l'entorn. En segon lloc, el capítol 2 se centra en els mars i els oceans, regió on la falta d'elevacions fa que els canvis atmosfèrics siguin lents, suaus i molt predictibles. Malgrat això, els oceans juguen un paper decisiu en el clima i la meteorologia del planeta. Al tercer capítol es mostra una regió totalment oposada, en la qual la meteorologia esdevé complexa i molt sovint imprevisible: les muntanyes. Els canvis meteorològics en aquests indrets són ràpids, i són la causa d'accidents importants per als excursionistes. Com no podia faltar després de la terra i el mar, el capítol 4 se centra en la meteorologia en el món de l'aeronàutica, en què les variables atmosfèriques afecten d'una manera directa les aeronaus i els esports aeris, cada cop més estesos al nostre entorn. Finalment, al capítol 5 es donaran unes pautes per poder identificar possibles canvis de temps atmosfèric basats en l'observació del cel i els núvols, una aplicació ben important per predir canvis de temps quan no tenim accés als pronòstics dels diferents serveis meteorològics o quan aquests canvis tenen lloc a una escala molt petita.

CAPÍTOL 1

La influència del temps atmosfèric en els éssers vius

«Les mosques estan pesadíssimes. Segur que s'acosten pluges o fred...» Dites com aquesta són força freqüents en la tradició popular, i algunes tenen una molt bona base científica, mentre que d'altres són més fruit de la imaginació de la gent que de la ciència. Els éssers vius que habitem la superfície de la Terra estem en contacte directe amb la troposfera, la primera capa de l'atmosfera i la més dinàmica. El Sol escalfa el terra, i aquest l'aire, de manera que aquest darrer es belluga d'una forma complexa, tant horitzontalment com vertical, i crea zones d'alta i baixa pressió, núvols i, en general, la diversitat de fenòmens atmosfèrics que coneixem. Els éssers vius no són aliens a aquests canvis atmosfèrics. Tot al contrari, n'estan afectats fins a tal punt que, en la majoria dels casos, en dependria la seva supervivència si no fos perquè han generat tota una sèrie de mecanismes d'adaptació a les condicions meteorològiques i als seus canvis per tal de romandre al més a prop possible del confort tèrmic en el cas dels animals i de l'equilibri hídric en el dels vegetals, és a dir, d'aquell estat en què les despeses energètiques del cos i la pèrdua d'aigua per les fulles són mínimes, respectivament. Alguns animals i vegetals reaccionen d'una forma concreta als canvis atmosfèrics, de manera que es comporten com a sensors meteorològics. La reacció a aquests canvis, que poden ser estacionals (arribada de la primavera, de l'estació de les pluges...) o sobtats (s'acosta una tempesta, una massa d'aire

fred...), ha estat estudiada pels científics en les disciplines anomenades fenologia i agrometeorologia.

En el cas dels humans, el fet de viure cada cop més aïllats de les condicions meteorològiques i climàtiques provoca que no reaccionem amb tanta intensitat davant els canvis atmosfèrics com ho fan els altres animals i vegetals. Malgrat tot, com veurem més endavant, el temps atmosfèric ha condicionat, condiciona i condicionarà la història de la nostra espècie.

1.1. LA FENOLOGIA: PLANTES I ANIMALS EN AJUT DELS METEORÒLEGS

L'observació sistemàtica, al llarg de molt temps, de la reacció dels vegetals i els animals a les condicions atmosfèriques ha acabat generant el que es coneix com a fenologia. Aquesta disciplina científica estudia els canvis en el comportament animal i vegetal originats per canvis atmosfèrics: gemmació i floració de les plantes, maduració dels fruits, caiguda de les fulles, migració de les aus, hibernació dels mamífers, etc. És una ciència a mig camí entre la climatologia i l'ecologia. Fruit d'aquesta observació, s'han arribat a obtenir equacions curioses.

Per exemple, al Japó es calcula el dia de l'aparició del barrinador de l'arròs, un insecte nociu per a aquest conreu, a partir del número del dia en què floreix el cirerer i la temperatura mitjana d'aquell mes concret. Un altre exemple més proper: si dividim el nombre de xerrics d'un grill entre 5, i li sumem 9, obtindrem de forma força aproximada la temperatura de l'aire en graus centígrads. Això és així perquè l'activitat dels grills s'inicia a partir d'un llindar de temperatura i l'augmenta a mesura que la temperatura s'enfila.

La fenologia, doncs, proporciona unes dades biològiques i fisiològiques influenciades per les condicions meteorològiques i climàtiques que són de gran utilitat per a una gran diversitat d'estudis. Els vegetals es tro-

ben contínuament sotmesos a canvis atmosfèrics, de manera que el seu cicle vital i les diferents fases de creixença es veuen clarament influenciats per les variacions de les condicions atmosfèriques, fet que els converteix en un dels millors indicadors fenològics. Algunes de les dades fenològiques que s'obtenen dels vegetals són la data de floració d'un camp de conreu (que s'obté quan el cinquanta per cent dels exemplars ha florit) o d'espècies individuals (com el romaní, la farigola, la ginestera...), la de foliació o defoliació (també quan el cinquanta per cent dels exemplars tenen fulles o les han perdut, respectivament), la de maduració de fruits, la d'espigat (en aquest cas, quan el setanta-cinc per cent de les espigues han sortit de la beina) i, en general, les de qualsevol canvi fàcilment observable que afecti els vegetals i que sigui rellevant.

Els vegetals que s'utilitzen com a dades fenològiques també són anomenats plantes guia. Aquestes plantes han de tenir una àmplia distribució latitudinal i altitudinal, i ser representatives d'una àmplia àrea geogràfica. Per exemple, un avet de jardí en un clima mediterrani de pi blanc no seria una planta guia. A més, les seves fases de creixement i desenvolupament han de poder ser identificades amb facilitat. Algunes plantes guia del nostre entorn són el faig, el vern, la ginesta, el llentiscle, el blat, el blat de moro, l'ordi, la favera, el cirerer, l'ametller, l'olivera i la vinya, entre moltes d'altres.

En el cas dels animals, destaquen els migratoris de fàcil observació, com la cigonya i l'oreneta, o de fàcil identificació sonora, com la puput, el cucut, la guatlla i el rossinyol. També són animals fenològics algunes papallones, les abelles, alguns insectes, etc. De la seva observació, les dades més utilitzades són les migracions de les aus: les dates d'arribada i de partença, el dia del primer cant, etc. Tot i que els ocells poden regular la seva temperatura interna, i per tant adaptar-se amb major o menor grau a les condicions atmosfèriques, la necessitat d'aliment els fa desplaçar-se cíclicament. Ja sigui a la recerca de fruits o d'insectes, a les nostres latituds el moviment migratori de moltes aus és cíclic, responent a períodes càlids i freds. La data d'arribada d'ocells migratoris com l'oreneta indica l'inici d'un període meteorològica-

ment estable, ja que generalment les aus sincronitzen el període reproductiu, inclòs el naixement de les cries, amb el període climàtic més benèvol, en què les condicions atmosfèriques són favorables al creixement dels pollets i hi ha abundor d'aliment (insectes, llavors...). D'aquesta manera, garanteixen la màxima supervivència entre els descendents. L'avançament o l'endarreriment d'aquest període reproductiu, lligat al moment de la migració, és una de les dades fenològiques més importants relacionades amb els ocells. Altres dades fenològiques aplicades als animals són la hibernació (dates d'inici o final del període) o l'aparició d'alguns insectes, la majoria comuns, com la papallona blanca de la col o l'abella.

Les dades fenològiques permeten conèixer d'una manera no instrumental com les condicions atmosfèriques i climàtiques influeixen sobre la flora i la fauna. Són dades molt valuoses i molt buscades pels investigadors del clima, els botànics i els agricultors, entre d'altres.

1.2. L'AGROMETEOROLOGIA: ELS METEORÒLEGS AJUDEN ELS CONREUS

La gran dependència de les diferents fases del creixement de les plantes en relació amb les condicions meteorològiques i climàtiques fa que la meteorologia aplicada a l'agricultura sigui una eina clau per a la millora de la qualitat i el rendiment de les collites. Els coneixements agrometeorològics permeten decidir els conreus més adients per a un indret i el moment idoni per a cada activitat agrícola. Les variables atmosfèriques amb més aplicació en el món agrícola són la temperatura (de l'aire, del sòl i del subsòl, fins a 100 cm sota terra), la precipitació, la humitat, la radiació solar i el vent i, d'una manera indirecta, l'evapotranspiració —la quantitat de vapor d'aigua que s'incorpora a l'atmosfera per evaporació directa de l'aigua superficial del sòl i per la transpiració dels vegetals a través de les seves fulles—, que es calcula a partir de les variables anteriors. També és possible mesurar-la amb apa-