

D'on venim i on anem en l'estudi de l'atmosfera

Discurs llegit el 30 d'abril de 1933
en la X Festa Anual de l'Institut

EDUARD FONTSERÈ
Membre de la Secció de Ciències

Obeint les regles d'un torn rigorós, que fa temps fou establert per l'Institut, m'ha correspost parlar-vos en la seva festa anual, en la qual altres vegades us digueren coses ben belles els més preclars dels nostres homes de lletres, i darrerament, l'any passat, el qui amb la seva galania d'estil i de concepte deixà ben difícil la tasca per als successors.

L'automatisme en l'elecció espero que servirà de disculpa als qui m'han designat per a dirigir-vos la paraula en la diada d'avui, i més encara a mi mateix, que no he sabut resistir-me als imperatius de la disciplina.

Potser un altre faria sorgir del món de treball on visc —món reduït i no sempre prou allunyat de la terra—, imatges i frases gentils que us fessin més agradosa aquesta festa; però en lloc d'elles jo no us en puc oferir sinó els neguits i les esperances, records d'ahir i afanys per a demà: els afanys que arreu empenyen cap endavant la ciència humana.

Si alguna branca dels nostres coneixements es pot dir que ha estat totalment trasbalsada és, sens dubte, la que estudia l'atmosfera on vivim. Qui hagués après la Meteorologia fa pocs anys, i, sense haver-ne seguit l'evolució, tot d'una tractés de reconèixer-la com és avui, amb seguretat que no

aconseguiria entendre'n, no solament els principis directius, sinó el llenguatge. Tot en ella ha estat canviat, des dels fonaments fins als conceptes sintètics, des de la tècnica fins a la diària aplicació.

Val a dir que poques ciències han tingut per objecte un element en el qual es reunis- sin en major grau les qualitats de *complex* i d'*inaccessible*. L'astronomia de precisió, per exemple, enmig de la dificultat que li representava haver de treballar damunt de meres perspectives de moviments llunyans, ha tingut a favor seu la simplicitat dels fenòmens i de les lleis fonamentals, i per això la intuïció d'uns quants genis ha estat suficient per a descobrir-les i per a establir normes de càlcul que perduraran a través dels segles. Si pre- nem com un altre exemple la biologia, que opera en objectes més complicats encara que l'aire atmosfèric, veiem que, en compensació, té gairebé sempre al seu abast la totalitat de l'ésser que estudia, i, a més, la possibilitat de sotmetre'l als poderosos mitjans d'investiga- ció que les ciències físiques i naturals li proporcionen. En canvi, de l'atmosfera, massa fluïda on s'acumulen els fenòmens més diversos de la hidrodinàmica i de la física, fins fa pocs anys no se n'ha conegut sinó aquell estrat, de gruix insignificant, que està en contac- te immediat amb la terra o amb els oceans, és a dir, aquell on no es poden reconèixer les qualitats de l'aire lliure, sinó les d'un aire pertorbat pel seu confinament contra la super- fície fixa, la qual, a més, en modifica localment les propietats, sia variant-ne la tempera- tura per refredament o per caldeig directe, sia subministrant-li vapor d'aigua, ja alterant la direcció del seu moviment, ja, finalment, obligant-lo a pujar i baixar pels pendents de les muntanyes, produint-hi pluges d'origen orogràfic, que transformen un aire de condi- cions normals en un corrent ardorós i ressec, com el *föhn* dels Alps o l'autan de les terres tolosanes.

Si portéssim la crítica fins al límit, potser trobaríem encara que una altra de les causes que han endarrerit els progressos de la meteorologia ha estat la necessitat en la qual s'ha vist, per a subsistir, de fer la previsió del temps. Això ve de lluny: àdhuc entre els antiquíssims documents cuneïformes que conserva el British Museum, ja hi ha prediccions com aquesta, adreçada al rei per un astròleg de l'època: «Si trona el dia de la lluna nova, les collites pros- peraran i el mercat es mantindrà ferm.» No cal dir que quan ha estat possible sortir del pas amb unes quantes previsions com aquesta, és natural que el predictor acabi per trobar-s'hi còmode i renunciï a trencar-se el cap amb més recerques.

No és estrany que per aquest camí, ja que no n'hi havia cap més, les explicacions sobre- naturals es fessin abundoses, i que la rica imaginació popular les elevés a la categoria de dog- mes, més o menys coexistents amb alguns fets d'experiència, transmesos de generació en generació. Es tracta, potser, d'un vici etern. La mitologia, que en una o altra forma perso- nifica, i deïfica, les forces naturals, ha existit i existirà sempre; i avui mateix, en plena flori- da de les ciències i en plena sublimació de les creences d'ordre més elevat, no cal davallar massa en els estaments socials per a trobar-hi arrelat encara el politeisme atàvic on cada feno-

men de la Natura obeeix les ordres d'un patró o d'un senyor directe, capaç de fer i de desfer segons l'humor del moment.

Sembla haver estat l'esperit crític dels grecs el que més aviat, o més obertament, reaccionà contra la mitologia dels canvis del temps, i el que amb més freqüència posà en entredit les forces ocultes. Heròdot ja en dubta: en una de les seves narracions cita un temporal que durà tres dies. «Els màgics —diu—, a força d'oferir sacrificis als Vents i d'amansir-los amb conjurs, i d'oferir també sacrificis a Tètis i a les Nereides, aconseguiren que al quart dia minvés la tempesta; o potser —afegeix Heròdot—, la tempesta va minvar tota sola.»

Aristòfanes encara és més explícit en la seva comèdia *Els núvols*, quan un dels personatges sosté que Zeus és qui fa ploure, i Sòcrates li respon ras i pla: «No és Zeus qui produeix la pluja, sinó que són els remolins de l'aire.»

En aquelles discussions dels filòsofs grecs la meteorologia va adquirir probablement el seu aspecte de ciència d'observació d'un conjunt de fenòmens, lligats entre ells per un sistema lògic. Aristòtil, el gran compilador de la ciència del seu temps, en fa, amb el mateix nom de meteorologia que avui li donem, una branca especial del saber humà. En el seu llibre tracta dels vents, de la formació i alçària dels núvols, de les pluges, la neu i les pedregades, dels fenòmens òptics i elèctrics de l'atmosfera, i, a més, de molts fenòmens que avui constitueixen el camp de la física terrestre. L'obra d'Aristòtil mostra per primera vegada, en forma metòdica, el tresor d'experiència acumulada pels pobles de l'orient mediterrani; l'observació personal i el criteri de l'autor hi són com un aglutinant d'aquell munt de coneixements dispersos, i enmig de les foscors de la ciència naixent algunes idees resplendeixen com esclats de llum, com quan hi afirma aquest principi, que en forma vaga enclou una de les grans premisses de la termodinàmica de l'aire: «Quan una cosa s'escalfa tendeix naturalment a anar-se'n cap amunt», o quan explica la composició de l'aigua de mar, i insinua que per mitjà d'un procés de filtració osmòtica a través d'una membrana —a través d'una planxa de cera, creu ell—, ha d'ésser possible separar l'aigua de la sal.

La meteorologia d'Aristòtil marca un moment decisiu en la història del progrés, i en representa el punt culminant dins de la ciència antiga. Després d'ella, la visió científica decau, i s'entra en un període de tradició folklòrica i de consideracions genèriques tretes de l'experiència agrícola i de les relacions dels viatgers. Les obres dels clàssics llatins en són sembrades: Virgili entre els poetes, Columela entre els tècnics, n'han perpetuat belles mostres. Per fi, ve l'edat mitjana, i al folklore hi afegeix l'astrologia. Els fets naturals més evidents tornen a dependre de forces ocultes, de combinacions numèriques, de configuracions dels astres, entre els quals la Lluna té una importància excepcional. Això dura gairebé fins als nostres dies, i, a la fi, els calendaris esdevenen ensem llunaris i pronòstics, amb gran acceptació per part del públic. Davallant encara més, el munt de les supersticions creix amb les suposades virtuts endevinatòries dels éssers vius; es cerca en l'instint dels animals una comprensió dels fets futurs que ja es renuncia a demanar a la intel·ligència dels homes, i s'hi

fonamenten una munió de regles per a predir el temps que farà. Recordo, entre altres exemples de l'època de la nostra màxima decadència, haver vist un full, bellament executat, que cap a finals del segle XVIII i començaments del passat fou article de fe a moltes cases de gent culta de la nostra terra; un dibuix hi representava una sangonera en diferents positures dins d'una ampolla d'aigua, i cada una significava un temps diferent. A cada situació atmosfèrica, és a dir, a cada posició de la bestiola, s'hi dedicava una estrofa al·lusiva, i totes eren resumides en aquesta quarteta final:

Cual barómetro animado
de experimental doctrina,
la sanguijuela adivina
de la atmósfera el estado.

M'inclino a creure, potser amb un excés d'optimisme, que aquella prognosi en vers haurà estat la darrera supervivència de l'ocultisme meteorològic medieval entre nosaltres.

Com una excepció a aquelles aberracions, alguns homes havien començat a entreveure l'arma més formidable de la meteorologia: l'estadística. El procediment no era nou. Ja en temps de Metó, el segle V aC, s'havien fet observacions regulars, que eren afixades en els parapegmes de les columnes públiques perquè el poble conegués la marxa general del temps. Les observacions del vent hi eren especialment ateses, per la importància que tenien per a la navegació.

La manca d'instruments no era cap obstacle per a aquestes estadístiques; una serena apreciació personal dels fets i una anotació verídica donaren a molts observadors manera de recollir sèries de dades útils, que han esdevingut famoses. La de William Merle, a Driby (Anglaterra), del 1337 al 1343; la de Martí Blem, a Cracòvia, el 1502; la de Diego Palomino, a Jódar, prop de Jaén, que comprèn quaranta anys, del 1556 al 1595; les de Tycho Brahé, a Uraniborg, entre altres, són documents que permetran treure'n gran profit per a la meteorologia històrica i per a les futures investigacions sobre la variabilitat dels climes.

Ningú que sàpiga com avui són fetes a ull moltes observacions útils, com són ara les del vent segons l'escala de Beaufort, les de visibilitat a distància, les de transparència de l'aire, les de nuvolositat, i moltes d'altres per a les quals no són necessaris aparells, no menysprearà aquelles antigues estadístiques, on la meteorologia moderna podria ben bé cercar l'origen dels seus mètodes de treball. Un esperit observador pot treure'n conseqüències interessantíssimes. Així és com sense més elements de prova que els fets consignats a les cròniques, Francisc Bacon, a les darreries del segle XVI, pogué escriure aquests mots en un dels seus assaigs: «Diuen que ha estat observat —no recordo on— que cada trenta-cinc anys les coses del temps tornen a succeir de la mateixa manera: això esdevé amb les grans glaçades, les grans humitats, els grans eixuts, els hiverns calents i els estius temperats; és una cosa que esmento —diu—, perquè, recordant fets passats, he trobat que surt bastant exacte.»

Doncs bé: aquest període de trenta-cinc anys constitueix precisament el cicle de Brückner, redescobert amb no poc esforç i treball el segle passat com a període de fluctuació general de tota la climatologia del món.

Al començament del segle XVII les mesures instrumentals intervenen en meteorologia. Per una banda, Van Helmont inventa el termòmetre: un aparell ple d'aigua, el nivell de la qual puja i baixa «juxta temperamentum ambientis»; aquest aparell no trigarà a prendre forma definitiva i a ésser l'auxiliar més eficaç de totes les ciències. Per una altra banda, Torricelli inventa el baròmetre, les fluctuacions del qual seran, durant més de tres-cents anys, l'única guia que permetrà de predir les mudances del temps. Aquests dos esdeveniments són aplicats aviat a la meteorologia i li treuen el seu caràcter contemplatiu; el fet de definició difusa és substituït per la quantitat mesurada, i la crònica pel nombre. L'estadística matemàtica ha començat. Arreu sorgeixen observadors que comencen a formar taules numèriques de la temperatura i de la pressió de l'aire: a Itàlia, a Suècia, a Anglaterra, a França, a Alemanya, la darrera meitat del segle XVII proporciona taules sistemàtiques d'observacions, i la climatologia científica planta les seves primeres fites. A Catalunya no ens arriba aquesta disciplina fins cap a l'any 1780, que fou quan el metge Francesc Salvà començà les observacions de la temperatura de Barcelona, que durant més de quaranta-sis anys féu ell personalment, i que continuades després en un lloc o altre de la ciutat, ja no han estat interrompudes mai més. De la discussió dels nombres recollits, en va sortint lentament una definició cada vegada més perfecta del clima de cada lloc; a les observacions del termòmetre i del baròmetre, es van afegint les d'altres aparells que la física inventa, i un corpus documental es va formant a base d'aquelles milionades de valors numèriques. La multitud de les dades que un dia darrera l'altre cal anar consignant, en lloc d'esporguir els observadors, els esperona i els dona la intuïció que estan construint els fonaments d'un vast edifici que ells, però, no veuran acabat. Aquest estat d'esperit domina la Climatologia de finals del segle XVIII i primeries del XIX, difícilment el podríem resumir millor que recordant aquells mots amb els quals Agustí Yáñez, cap a l'any 1835, començava el seu darrer resum estadístic de les taules termomètriques d'en Salvà: «Cal que recollim dades i més dades, sense defallir —deia—, que multipliquem les nostres observacions... els nostres successors, més avançats que nosaltres, podran coordinar els fets, enlairar-se fins al coneixement de llurs causes, i deduir conseqüències que nosaltres no estem en condicions de preveure.»

Molt sovint ha estat blasmat aquest criteri, que ha omplert de nombres milers de volums, i fins no manca qui troba malaguançada la feina que els observadors s'han pres. Cal, però, ésser orb per a no veure que el període documental és preliminar indispensable de tota ciència inductiva. D'orbs d'aquesta mena n'hi haurà sempre, i com a mostra curiosa no em cal sinó esmentar que, fa una vintena d'anys, quan vaig tractar de posar sota l'ègida d'una respectable institució barcelonina la xarxa pluvimètrica de l'antiga Societat Astronòmica, que després ha estat incorporada al Servei Meteorològic de Catalunya, un membre d'aquella

institució s'hi va oposar argumentant que allò era reunir xifres en va i que el que interessava era saber quan havia de ploure i no quan havia plogut. La graciositat d'aquell *home de ciència* fou d'una eficàcia decisiva, i el projecte no passà endavant.

La quantitat enorme d'observacions recollides fins avui no ha donat, és cert, un fruit proporcionat a llur volum ni a la bondat intrínseca de moltes d'elles; més encara: cada dia la incúria i la ignorància fan que es vagin perdent o destruint sèries d'observacions inèdites reunides arreu amb esforç i paciència. Però aquests fets sols demostren una cosa, i és que és més fàcil trobar qui observi que no pas qui indueixi, i que l'art d'extreure l'essència dels coneixements adquirits és quelcom de més difícil i més complicat que la feina d'adquirir-los.

Els estudis i els resums de climatologia local, que avui prenen una gran volada, valoraran en pocs anys aquesta feina feta. Ara els mètodes de càlcul i de representació evolucionen en el sentit de presentar la part viva del clima de cada país, i al primitiu procediment de les mitjanes aritmètiques, això és, a la determinació de valors mitjanes de la temperatura, la humitat o la pressió atmosfèrica, que eren l'única finalitat dels primers resums climatològics, es va sobreposant l'estudi del coeficient de durada de cada fenomen i de les lleis que regeixen la seva freqüència i la de cada una de les seves valors possibles, així com de la interdependència que els lliga; és a dir, s'hi fan intervenir els conceptes de *probabilitat* i de *correlació*, damunt els quals es basteix un nou criteri de l'ocurrència dels fets climàtics i de llur significació biològica i econòmica.

Des que el termòmetre i el baròmetre foren aplicats a l'estudi de l'aire lliure, la meteorologia quedà vinculada a la física, i com a branca de la Física la trobem a tots els tractats d'aleshores. De la mateixa manera que el clos de cada laboratori físic es treuen les darreres conseqüències de les coses vistes, en el clos de cada observatori meteorològic va néixer una mena de ciència local del temps. Fou així com començà el regnat del baròmetre, que ha durat fins els nostres dies, perquè, de tots els aparells, és ell el que amb més anticipació és influït per les perturbacions visibles de l'atmosfera. Les inscripcions que encara avui ostenten els baròmetres aneroides i que un fracàs permanent no arribarà potser mai a desacreditar, no són sinó reminiscències d'aquella època d'isolament en la qual cada observador s'havia de fer pel seu propi compte una meteorologia integral, des de la lectura dels aparells fins a la previsió del temps.

Però en arribar la segona meitat del segle XIX, la meteorologia ja es trobà encongida dins l'estretor de l'observatori isolat, i començà a tendir, més que cap altra ciència, a aquella universalització dels fets que avui anomenem sinoptisme. Els èxits científics obtinguts per Maury amb les seves cartes dels oceans, on va resumir més de mig milió d'observacions de vents a la mar, les idees de Dove sobre les causes dels temporals, i les provatures de nombrosos savis per a construir mapes climatològics de tot el món, com a recopilació dels resums obtinguts a les diferents localitats, seguiren de ben a prop les grans descobertes sobre la mecànica dels gasos i la meteorologia va entrar en la segona fase de les seves activitats: la que se sol anomenar «fase

de la xarxa mundial». Els primers assaigs de cooperació internacional tingueren bon èxit. Una conferència de meteoròlegs i d'homes de mar, reunida a Brussel·les l'any 1853, va establir les normes d'aquesta cooperació per a les observacions marítimes. Les referents a les estacions terrestres foren iniciades en una reunió que tingué lloc a Leipzig l'any 1872, a la qual seguiren dues conferències internacionals de caràcter oficial: una a Viena l'any 1873 i una altra a Roma l'any 1879. Durant el temps que transcorregué entre les dues conferències quedà encarregada de la coordinació dels treballs una comissió permanent, i, després de la de Roma, quedà constituït el Comitè Meteorològic Internacional. L'organització prengué la seva forma —que substitueix— de Conferència Internacional de Directors de Serveis Meteorològics, a la reunió de Munic del 1891. La guerra gran deixà en suspens aquesta organització, fins que, firmada la pau, el setembre de l'any 1919 es tornà a reunir la Conferència de Directors a París; després, el 1923, a Utrecht, i el 1929, a Copenhaguen.

L'organització comprèn avui tres ordres d'elements actius: la Conferència Internacional de Directors de Serveis Meteorològics d'Estat, que es reuneix cada cinc anys; el Comitè Meteorològic, que és renovat a cada reunió de la Conferència i resol els assumptes durant els cinc anys de vacança, i les comissions internacionals, constituïdes per especialistes en determinades matèries. Aquestes comissions tenen cura dels estudis exclusivament científics i es reuneixen més o menys periòdicament per pròpia iniciativa i generalment també quan es reuneix la Conferència de Directors.

Aquesta organització, de la qual el Servei Meteorològic de Catalunya és oficialment membre des de la seva fundació, comprèn un centenar de centres directius, dóna normes de treball a milers d'observadors, i, transcendent als afers quotidians de milions d'homes, és la que avui orienta i empeny el progrés de l'obra de conjunt: de la meteorologia pràctica per mitjà dels Serveis d'Estat, i de la ciència pura per mitjà de les comissions permanents.

La col·laboració així estructurada dels meteoròlegs de tot el món ha conduït a resultats inesperats, fins al punt que avui, poques hores després de les observacions de les set del matí, és conegut l'estat del temps a tota la Terra, i és publicada per les oficines francesa i anglesa la carta meteorològica de tot l'hemisferi nord.

Els primers assaigs sinòptics ja havien estat fets, però, uns quants anys abans de la primera conferència. Entre el 1842 i el 1860, nombroses temptatives isolades havien tingut per objecte traçar cartes parcials del temps, amb dades retrospectives les unes, i amb avisos telegràfics les altres. La pèrdua d'un navili francès a la mar Negra, durant una tempesta, el mes de novembre del 1854, i l'enquesta que el Govern francès va ordenar per aclarir-ne les causes, decidiren el director de l'Observatori de París, Le Verrier, a cercar dades meteorològiques d'aquells dies, representant-les damunt d'un mapa i estudiant-ne la distribució i els canvis. Fou aquell el punt de partença d'un pla del mateix Le Verrier per a la transmissió d'avisos telegràfics, que des del 1863 foren publicats en forma de mapa. L'exemple es propagà ben aviat, i moltes nacions tingueren també llur carta sinòptica.

Parlem-ne un moment, d'aquestes cartes sinòptiques. La descoberta de Buys-Ballot, a Holanda, sobre la direcció i la força del vent en relació amb el pendent baromètric, els treballs de Galton a Anglaterra sobre l'estat del temps a cada país, segons la seva situació respecte als centres de baixa pressió, i sobretot la facilitat amb què es podien dibuixar en un mapa les línies d'igual pressió, a l'inrevés del que s'esdevé amb les de qualsevol altre element meteorològic, que són generalment irregulars i discontinües, feren que des d'un principi s'entengués per cartes del temps les cartes isobàriques, i que tot d'una prenguessin personalitat, en la terminologia científica, les zones de pressions altes i les de pressions baixes, voltades les unes i les altres de línies isobàriques tancades. Les zones d'alta pressió, o anticiclons, foren considerades com a regions on l'aire davallava de les capes altes, i en arribar prop de terra era irradiat cap enfora, tot girant entorn del centre en el sentit de les busques del rellotge; les zones de baixa pressió, o ciclons, eren regions d'aire, aspirat cap amunt, hi aflueïa de la perifèria, tot girant a l'inrevés del rellotge. Aquesta individualització dels ciclons i dels anticiclons, enfortida per l'espectacle de llur persistència d'uns dies als altres i de llurs moviments de conjunt, com si fossin veritables éssers físics, ha dominat fins avui la meteorologia pràctica, i encara en els nostres dies la terminologia que en deriva és l'única usual en la tècnica diària dels observatoris.

Aquest concepte primari dels ciclons i dels anticiclons, i el costum de seguir-ne el camí damunt la carta, costum repetit anys i anys, ha acabat per produir una conseqüència funesta: la rutina. I no podia ésser de cap altra manera. El fet que, dins els Serveis, els encarregats de la previsió tenen difícilment lleure de fer altra cosa que traçar a corre-cuita la carta del temps a base dels telegrams xifrats procedents de 150 o 200 observatoris, els quals transmeten cada vegada prop de 2.000 dades diferents, i la pressa amb què cal fer-ne l'anàlisi per a donar a hora fixa la informació i la previsió que el públic espera, influeixen d'una manera lamentable en el treball, i el final ineludible és acudir al *cop d'ull*, és a dir, a l'empirisme, fruit de la pràctica i resident ja en el subconscient del predictor. Sir Napier Shaw, l'antic president del Comitè Meteorològic Internacional i director, durant molts anys, del Meteorological Office de Londres, comenta així aquest fet:

Deixeu-me dir que l'ús de les cartes del temps per a fer la previsió ha fet generalment impossible comprendre la Meteorologia que hi ha dins de les cartes del temps, llevat del que fa referència a la pròpia localitat. Les idees que una carta del temps d'Europa suggereix a un meteoròleg de Londres, per exemple, podran ésser enteses a Islàndia, als Països Baixos o a Noruega; però trobarien ben poca aplicació a Suïssa, a Espanya, als Balcans o al nord d'Itàlia, i no gaire tampoc a França. Cada país ha de desenrotllar, naturalment, una tècnica de previsió que li és peculiar, i acaba per ésser dominat per les idees sobre les quals es basa aquesta tècnica.

Un altre inconvenient de l'ús de les cartes del temps formades a base de línies isobàriques és que aquestes línies, en molts llocs, no són sinó una ficció. Per a fer comparables les

pressions atmosfèriques, cal sotmetre-les a una operació de càlcul que s'anomena *reducció del baròmetre al nivell de la mar*. Així, per exemple, a la pressió que marca el baròmetre del Servei Meteorològic (situat a 45 metres d'altura), per a reduir-la al nivell de la mar cal afegir-hi 4 mil·límetres i mig; a la de l'Observatori Fabra, a la serra de Collserola, se n'hi han d'afegir 38, i a la del nostre observatori del Turó de l'Home cal afegir-hi, en terme mitjà, 140 mil·límetres. La ficció consisteix a suposar que la mar s'estén per sota dels continents, i que coneixem la llei segons la qual el baròmetre aniria pujant a mesura que l'anéssim aproximant a aqueixa mar subterrània inexistent. Com que cap d'aquestes condicions no es realitza, la reducció al nivell de la mar, sobretot per als observatoris de muntanya i per als dels planells continentals, és feta amb grans errades de teoria i de concepte, que ara com ara no estem en condicions de resoldre i que introdueixen en les cartes del temps fenòmens ficticis, degut a unes operacions numèriques mancades d'un veritable sentit de realitat, però de les quals no podem prescindir.

La reducció del baròmetre al nivell de la mar és, en el fons, un procediment de projecció damunt d'un pla horitzontal, que si és acceptable quan es tracta de figures geomètriques, és molt discutible en tractar-se de magnituds físiques.

D'aquesta dificultat no se'n podia sortir sinó d'una manera, i era deixar de banda la meteorologia plana, i acceptar de ple el fet de la diversitat d'alçàries, és a dir, crear una nova ciència de tres dimensions.

Una gran esperança, certament ben fundada, va fer néixer l'exploració de l'alta atmosfera. Els mètodes usats en aquesta exploració són cada vegada més perfectes, i els resultats més interessants. Avui es fan sistemàticament a tot el món llançaments de globus pilots i de globus sondes, s'aixequen estels i globus captius, i s'enlairen avions proveïts d'aparells de precisió. Fins molt endins de l'estratosfera, diàriament van centenars de globus que ens porten noves certes dels vents superiors, i sovint també de la temperatura i de la humitat. Els sondatges per mitjà d'avions, en els quals ha sobresortit el Servei holandès, mercès als vols que l'aviació militar d'aquell país fa per encàrrec de les institucions civils, són cada vegada més freqüents, i la tècnica dels vols i la perfecció dels aparells permeten obtenir en menys d'una hora dades completes de l'estat de l'aire, fins als 4.000 o 5.000 metres d'alçària. Els nous mètodes d'exploració són tot just a llurs començaments; però en llur part més elemental, o sia en l'observació dels vents alts amb globus pilots, se n'ha intensificat l'aplicació en tanta manera, sobretot als observatoris dels aeroports, que es pot dir que dels moviments de l'atmosfera lliure en tenim una informació gairebé permanent.

Seria difícil dir quins han estat, aquests darrers anys, els qui més han influït en l'evolució de la ciència de l'atmosfera: si els qui n'han emprès l'estudi teòric, considerant-la senzillament com una massa fluïda en moviment, o els qui han cercat nous procediments d'observació de les regions superiors, fins a obtenir una definició gairebé contínua de l'estat de l'aire en tota la seva extensió accessible, o bé els qui han portat fins al darrer grau les grans

síntesis del sinoptisme posant a contribució quantitats fabuloses d'observacions, de sondatges i de cartes del temps.

Són, sobretot, els centres matemàtics i meteorològics de Bergen i d'Oslo, a Noruega, i l'Observatori de Lindenberg, a Alemanya, els qui han portat avant aquesta magna empresa i han iniciat la ciència nova. Dins les recerques d'aquestes dues escoles, la noruega i l'alemanya, la noció de l'isobarisme, de la distribució de les pressions arran de terra, va perdre importància. En canvi, en va adquirint cada vegada més la identificació de les masses d'aire, considerades amb la totalitat de llurs qualitats intrínseques de temperatura, contingut de vapor i energia de moviment o cinètica. Els fenòmens de l'atmosfera, així, deixen d'ésser la mera propagació d'unes situacions d'alta o baixa pressió per damunt dels continents i de les mars, per a esdevenir el mecanisme on juguen masses d'aire de procedència i de qualitats diverses, que es mouen, i es substitueixen les unes a les altres, segons les lleis inexorables de la dinàmica, i de passada van modificant-se i adquirint propietats noves, tant com van canviant de situació geogràfica o d'altitud.

La primera conquesta que en aquest sentit feren els meteoròlegs de l'escola noruega, fou la distinció entre dues grans categories de masses d'aire: l'aire tropical i l'aire polar, separades per una superfície de discontinuïtat: el front polar. En el fons, l'antiga teoria de les tempestes de Dove ja portava en germen aquesta distinció, i no hi ha dubte que si Dove hagués disposat de les cartes sinòptiques modernes, la seva teoria l'hauria conduït indefectiblement al descobriment del front polar.

Com ja havia previst teòricament el matemàtic Bjerknes, el front polar és una superfície ondulant, en la qual l'aire procedent del pol, més fred i per consegüent més dens, té tendència a ocupar la part més baixa de l'atmosfera, mentre l'aire procedent dels tròpics és empès per ell cap a les regions superiors, i aleshores s'hi produeixen, per refredament, fenòmens de condensació del vapor d'aigua, és a dir, de nuvolositat i de pluja. Dins del *model* que els noruecs han creat del front polar, cada una de les seves ondulacions és un cicló; les variacions que en passar un cicló experimenten la temperatura, la direcció i la força del vent, la classe i quantitat dels núvols i de les pluges, no són sinó fenòmens derivats del conflicte mecànic de les dues masses antagonistes en moviment. La distribució de la pressió atmosfèrica, no és tampoc aleshores sinó una qualitat secundària, produïda per la velocitat del vent i per la força centrífuga composta deguda a la rotació de la Terra, que fa que, a l'hemisferi nord, un cos en moviment hagi d'empènyer tot el qui hi ha a mà dreta de la seva trajectòria. Així, el vent actua com vent geostrofic, o, en altres termes: produeix sempre altes pressions a mà dreta, i deixa a mà esquerra pressions baixes, és a dir, el centre del cicló, d'acord amb la regla empírica de Buys-Ballot.

Com a resultat d'aquesta manera d'entendre els fenòmens atmosfèrics, va entrar en la pràctica de la previsió una nova forma d'anàlisi de la situació general, que consisteix a passar a un sol mapa la totalitat dels elements meteorològics observats. El front polar s'hi sol

descobrir amb facilitat, perquè a banda i banda d'ell són diferents la temperatura, la quantitat de vapor, el grau de transparència, i en general totes les propietats físiques de l'aire susceptibles de variació. Hi són també diferents les direccions dels vents inferiors, i les dels vents alts hi mostren inflexions característiques. No cal, doncs, sinó cercar on és la discontinuïtat, que unes vegades és brusca i evident, i unes altres és difusa, a causa de l'acció continuada de la turbulència, que va barrejant lentament les masses d'aire veïnes.

La sistematització d'aquesta forma d'anàlisi constitueix l'anomenada *frontologia*. Pel mateix procediment ha estat després descoberta l'existència d'altres fronts de discontinuïtat, com els que a la mar Mediterrània separen sovint, a més de masses calentes d'aire tropical vingudes de l'Atlàntic i masses fredes de procedència nòrdica o continental, unes altres que han adquirit llurs propietats sojornant en llocs més propers, com són els sorral del Sàhara i les geleres alpines, d'on procedeixen molts dels corrents que governen el temps mediterrani.

Veus ací on ens trobem en el moment actual. Encara que durant molts anys el mapa isobàric —la carta del temps que tots estem acostumats a veure— continuarà essent una de les eines de treball del predictor, cada dia més caldrà parar esment, no pas a la distribució de les pressions, que és un accident, sinó a les causes primeres d'aquesta distribució.

La tendència, avui, és a anar considerant l'atmosfera com una gran màquina tèrmica. Dins d'ella, des de la brisa més suau fins a la mestralada més violenta, no són altra cosa que moviments que executa el mecanisme per a assolir la seva posició d'equilibri; estat que mai arribarà, perquè la màquina de la nostra atmosfera, com les màquines industrials, rep i cedeix calor, és a dir, té fogaina i refrigerant, que funcionen d'una manera perpètua. La fogaina són les terres refredades per irradiació nocturna i els glaços polars. Les mars, tèrmicament menys variables, contribueixen, però, també al desequilibri atmosfèric, i hi afegeixen encara grans quantitats de vapor d'aigua, aquest element proteic de la Natura, que adés es condensa en núvols i intercepta els raigs, adés es desfà en precipitacions, i aleshores cedeix a l'atmosfera, en forma de calor sensible, la calor latent que va absorbir al moment d'evaporar-se, qui sap si a milers de quilòmetres de distància.

No s'ha trigat a veure que de l'aire atmosfèric, del vehicle que així transporta la calor d'uns llocs als altres de l'enorme màquina, ni la pressió, ni la temperatura actual, no en defineixen prou bé l'estat absolut, perquè, àdhuc sense cap influència externa, la pressió i la temperatura varien en una mateixa massa, només que se la faci canviar de nivell. Si puja atmosfera amunt, automàticament perd pressió i es refreda; si se la torna a les capes inferiors, augmenta de pressió i de temperatura. Ha calgut, doncs, definir l'estat absolut de l'aire per un nou element: l'*entropia*, que és la que en darrer terme presideix l'equilibri de l'atmosfera, i quan l'equilibri ja s'ha trencat o s'ha fet inestable, és ella qui regula el lliscament d'unes masses d'aire damunt les altres, la producció dels corrents atmosfèrics i la de tots els fenòmens que en constitueixen el seguici.

Per a estudiar aquest fet, l'observatori aeronàutic de Lindenberg fa uns quants anys que publica resums i gràfiques mensuals de la distribució isentròpica de l'aire que va passant pels seus encontorns. Serà imitat aquest exemple i s'anirà definitivament a la solució termodinàmica de la ciència del temps? Qui hagi vist com s'acompleix la tasca diària dels serveis meteorològics, gairebé sense poder respirar, podrà dubtar que pel camí de la Termodinàmica tingui solució el problema de la meteorologia pràctica. També ho semblava al començament de les cartes isobàriques, i malgrat això, n'han sortit, durant més de mig segle, un cos de doctrina i d'experiència i unes regles relativament senzilles. Això permet esperar que l'estudi termodinàmic de l'atmosfera serà també simplificat i reduït a preceptes senzills, com ho fou l'estudi de les pressions; i que aleshores, en el subconscient dels qui tinguin a càrrec llur la previsió quotidiana, es formarà un nou empirisme, més racional i més segur que l'actual.

Però la meteorologia serà sempre quelcom més —àdhuc diré quelcom més elevat— que l'art de predir el temps. Tant com ella progressa, les altres ciències li demanen noves contribucions, i seria difícil avui trobar entre les activitats humanes alguna cosa que en una forma o altra no li reclamés una dada, una estadística o un consell. I no em refereixo precisament a la navegació, ni a l'agricultura, ni tan sols a l'aviació, que a cada moment reclama per ràdio o per telèfon quin temps trobarà en les seves rutes, i que els dies de perturbació atmosfèrica arriba a demanar-ho amb veritable neguit. És com a ambient universal de la vida, que l'atmosfera ostenta tota la transcendència del seu paper.

Qualsevol variació de les propietats de l'aire exerceix una influència, favorable o nociva, damunt els éssers vius, i en particular damunt el nostre organisme. No ha de meravellar-nos, doncs, que, paral·lelament als problemes dinàmics dels quals he parlat, es plantegin uns altres problemes, físics o fisiològics, relacionats amb aquells. El pas de cada front de discontinuïtat representa un canvi sobtat de les qualitats de l'ambient, i exigeix de nosaltres i dels éssers que viuen prop nostre un nou esforç d'aclimatació. Com és exercida aquesta influència i com en surt victoriós o vençut l'organisme sols podrà ésser explicat quan coneguem en llur aspecte biològic tots els factors que caracteritzen les masses d'aire successives. Amb aquesta finalitat s'estudia avui la microestructura de l'aire, en relació amb les regions d'on procedeix o en les quals ha sojornat un temps més o menys llarg, i es cataloga el seu contingut de milions de partícules orgàniques, polsim dels volcans i dels deserts, cristalls de sal arrabassats a les onades, i, finalment, ions o partícules electritzades, de totes mides i de tota composició química. L'aire, així, deixa d'ésser aquell gas ideal, mescla d'oxigen i de nitrogen, que conegueren els nostres avis, i esdevé una substància col·loidal, una veritable emulsió de composició complexa, que s'infiltra dins les més petites cavitats del nostre cos i hi produeix efectes que tot just ara es comencen a sospitar.

Perquè l'estudi d'aquesta massa col·loide en la qual estem submergits sigui més útil, i sobretot perquè vagi rectament orientat, caldrà que els biòlegs i els higienistes hi sacrificuin

una bona part de treball, i que amb llurs observacions facin veure la significació biològica, gran o petita, que puguin tenir les variacions de l'ambient.

Si la col·laboració dels meteoròlegs entre ells ha conduït als grans avenços dels setanta anys darrers, la col·laboració amb tots els altres homes de ciència ens ofereix, en perspectiva, descobertes de la més gran importància per a la nostra salut i per a la nostra economia.