
RENÉ THOM I LA TEORIA

DE LES CATÀSTROFES

Joan Garcia Font

Un dels matemàtics més notables del nostre temps arriba a desconcertar els investigadors per les seves arriscades concepcions i el seu tarannà filosòfic. És un home que es permet citar pensadors de l'antigor per explicar qüestions noves. De tota manera, els seus mètodes comporten grans avantatges en molts camps de la investigació científica.

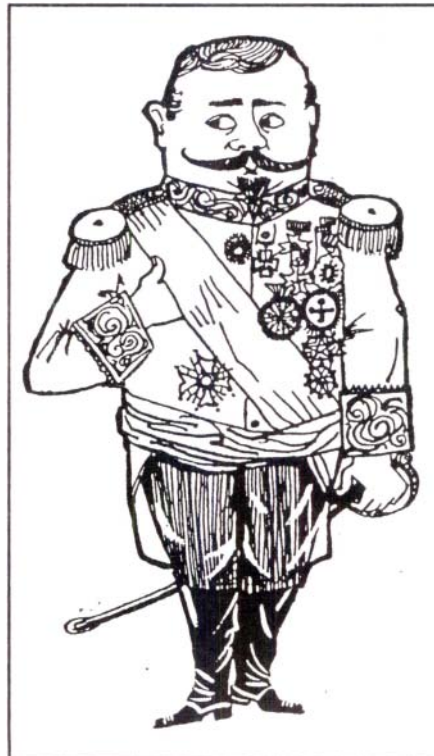
RENÉ THOM I EL GRUP BOURBAKI

Un grup de matemàtics francesos va adoptar, el 1935, el nom de Nicolas Bourbaki com a firma conjunta de les notes, els articles i les memòries matemàtiques que apareixien en els *Comptes rendus* de l'Acadèmia de ciències francesa. Els fundadors del grup van ser H. Cartan, C. Chevalley, J. Delsarte, J. Dieudonné i A. Weil, entre d'altres. Van establir un programa basat en la formalització de les estructures matemàtiques. Els bourbakistes es reunien un parell de cops l'any i determinaven algun tema específic que fos objecte de treball d'algun membre del grup; després aquella aportació s'analitzava conjuntament de forma crítica i el treball passava d'un membre a un altre per fer-ne noves redaccions. D'aquesta manera, van publicar uns *Éléments de mathématiques* que van ser considerats l'expressió més actual i completa de la investigació matemàtica a França fins al començament de la dècada dels anys setanta.

Els joves matemàtics que volien ingressar en el grup s'havien de sot-



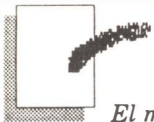
Aquesta caricatura representa el "general Bourbaki", que personificava el grup de matemàtics francesos que volia renovar el camp de les ciències exactes.



metre a un examen que generalment es basava en la resolució correcta de certs teoremes presentats de forma errònia. René Thom va ingressar en el grup, però no s'ajustava a les exigències dels orientadors ni en compartia alguns dels criteris metodològics. Ens arribarà a dir que el fet d'haver-se adormit més d'un cop durant les sessions dels bourbakistes no el va perjudicar gaire. Convé prendre nota del tarannà una mica desconcertant de René Thom. És un home que es complau a fer cites en grec per sorprendre els matemàtics, i que aplica mètodes matemàtics a l'estudi de les estructures lingüístiques per provocar l'admiració dels filòlegs. Sembla haver aconseguit una mena de mètode universal per investigar qualsevol camp de les ciències. Aquesta mena de vareta màgica és la seva teoria de les catàstrofes.

L'ESPAI-SUBSTRAT DE LA CIÈNCIA

René Thom concep la ciència com una fenomenologia formada pel que ell anomena un "espai-substrat", on es manifesta la morfologia d'allò



El matemàtic René Thom



que s'estudia. Per exemple, considera que l'espai-substrat de la física o de la biologia és l'espai-temps, encara que, unes altres vegades i segons el cas, s'haurà d'establir un espai especial que emmarqui els fenòmens estudiats.

Thom, com a bon matemàtic, ens dirà que comprendre no és res més que "geometritzar", cosa que implica un cert grau d'abstracció, d'idealització.

Aquest autor, fent referència a la topologia, ens obrirà noves perspectives conceptuals quan descriu la regularitat d'un fenomen i assenyalant la que, en aquest cas, tot punt d'un substrat U es manifesta amb la mateixa aparença quantitativa. Al contrari, el substrat K es definirà com a àmbit d'un esdeveniment quan es produeixen uns certs canvis. Així es podrà parlar de morfologies estables i morfologies inestables. Ara bé, s'ha d'assenyalar que la diferència morfològica és relativa. Depèn dels mitjans d'observació. Tot queda determinat pel grau d'aproximació al fenomen. Per exemple, donat un substrat U d'aparença estable a una escala determinada, se'ns podria manifestar com a inestable, és a dir, com un substrat K , quan es pot passar a una altra escala de representació més amplificada o més detallada per mitjà dels instruments d'observació adequats. Imaginem una morfologia aparentment estable; doncs bé, amb l'ajuda d'un microscopi molt potent, podríem descobrir-hi punts

catastròfics, és a dir, que ens mostren canvis significatius. S'ha de dir que René Thom no dona a la paraula "catàstrofe" el sentit d'esdeveniment desastrós, de daltabaix. La teoria de les catàstrofes s'ha d'entendre, en termes generals, com l'estudi de les condicions de modificació dins d'una esfera determinada.

Tot fenomen catastròfic comporta bàsicament canvis significatius tant en la morfologia com en el substrat de representació. Això ens porta a la primera generalització catastrofista: tota morfologia comporta una discontinuïtat més o menys aparent.

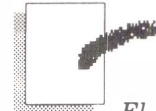
La distinció entre punts regulars i punts catastròfics comporta una idealització, respon a la representació d'una morfologia i també a la dicotomia fonamental que ens permet una aproximació a l'assumpte considerant dualitats complementàries: figura/fons, forma/contingut, subjecte/objecte, obert/tancat... Tota conceptualització de la realitat a partir de la teoria de les catàstrofes respon en darrer terme a l'oposició caos/cosmos.

La turbulència en hidrodinàmica, o el citoplasma observat amb un microscopi electrònic, ens instal·la en un paisatge caòtic que, segons Thom, resulta insostenible per a l'observador. Aquest tendeix a conformar-se amb una descripció d'aparences més generals, però més entenedores.

CIÈNCIES D'OBSERVACIÓ I CIÈNCIES D'EXPERIMENTACIÓ

D'una manera general, René Thom divideix les ciències en dos grans conjunts que no sempre queden ben diferenciats. D'una banda, aquelles en què l'observador pot intervenir en la morfologia que vol estudiar; per exemple, l'acceleració de partícules o la combinació de determinades substàncies -en el cas de la física i de la química, respectivament. D'altra banda, aquelles en què l'observador no pot modificar-ne l'objecte d'una manera especialment significativa, perquè aquest és massa llunyà en l'espai -aquest seria el cas de les observacions astronòmiques- o bé en el temps -com s'esdevé en les ciències del "passat": paleografia, etnografia, geologia, història-, o per les seves condicions morals -sociologia, psicologia.

Cal tenir en compte que per poder observar o bé estudiar qualsevol fenomen, aquest ha de presentar una certa estabilitat. A l'experimentació, la verificació i la interpretació, tingudes com a condicions de la investigació científica, caldrà afegir-hi la condició d'estabilitat. Aquesta ens permet de construir un model interpretatiu que d'una altra manera fóra impossible d'obtenir. La inestabilitat del que és caòtica que no es pugui fixar cap morfologia interpretativa. James Clerk Maxwell (1831-1879), el matemàtic i físic escocès, ja havia establert que l'existència de la inestabilitat



El catastrofisme estudia bàsicament els punts en què un sistema desplega una nova morfologia o una nova disposició dels elements que el constitueixen.

A la pàgina següent, la cúspide, una de les catàstrofes simples de Thom, apareix també estudiant les reaccions d'un gos sotmès a una certa provocació. S'ha dit d'aquesta mena de gràfics que revesteixen de complexitat uns fenòmens relativament senzills.

no permetria preveure el desenvolupament d'un fenomen i que, per això, l'estabilitat constituïa una condició indispensable per observar els fenòmens.

De tota manera, tant l'observació com l'experimentació -entesa aquesta com una observació provocada-, i també la verificació i la interpretació, són activitats que s'inscriuen en l'àmbit del subjecte, mentre que l'estabilitat forma part de les condicions de l'objecte observat.

L'estabilitat és una condició per a qualsevol investigació. Fins i tot podem parlar gairebé d'un "dogma" com a pressupòsit d'investigació.

Per a René Thom, tant l'observació com l'experimentació persegueixen la descripció d'una morfologia que posteriorment caldrà explicar. En l'explicació dels fenòmens és on es manifesten les dificultats més grans, especialment el reduccionisme, que consisteix a explicar determinats fenòmens per les normes més conegudes o bé les més simples. Per exemple, considerar els fenòmens orgànics segons models mecànics, en un intent de simplificar les coses. En el reduccionisme s'associen dos inconvenients: una restricció de l'estructura del fenomen i una supeditació a crite-

ris parcials. Com a exemple de reduccionisme, Thom proposa el cas d'un estudi inadequat de la lingüística que oblidava els factors de tipus anatòmic, psicològic i social i es tanca en la divisió d'entitats més petites, invariants i permanents, i on la combinatòria d'aquestes ha de permetre reconstruir la morfologia dins del mateix sistema per simple agregació. Thom ens diu que s'han de substituir els criteris reduccionistes per explicacions de tipus estructural. La tendència estructural persegueix simplificar la descripció d'un fenomen complex; per a això estableix un conjunt de regles combinatòries referides a una morfologia elemental que permeti reconstruir els trets més significatius d'aquell fenomen.

Un altre aspecte que s'ha de considerar en les condicions del coneixement científic és la capacitat de predir, que, segons diu Thom, alguns científics i epistemòlegs subratllen excessivament. "Entenc que caldria abandonar la idea de la ciència com un conjunt de receptes eficaçes."

CIÈNCIA I TÈCNICA

René Thom considera negatiu l'afany dels científics que donen massa importància a les activitats

de tipus tècnic i industrial, perquè, en darrer terme, tendeixen a considerar el valor de les descobertes científiques en funció dels guanys que poden reportar. Thom assenyala que aquesta és una forma "monstruosa" que han adoptat alguns científics tecnòcrates. S'ha de ser plenament conscient que la investigació de caire teòric no produeix guanys si no és a llarg terme.

Les coses agafen un caire més complex quan s'hi barregen interessos polítics i es diu, per exemple, que s'ha de promocionar el desenvolupament de la "tecnologia punta", cosa que suposarà un remei contra la desocupació. De fet, això emmascara el propòsit d'aconseguir llocs destacats en el joc de la rivalitat entre les nacions i coses per l'estil.

La necessitat d'obtenir fons per investigar fa que els investigadors i els científics quedin atrapats en la xarxa de les ambicions polítiques, i això resulta molt negatiu. De tota manera, no es veu una solució clara per a aquest greu problema d'ètica científica. Unicament hi ha un camí viable si s'abandonen les tendències competitives i es generen moviments de col·laboració i participació internacionals que deixin un marge de llibertat als investigadors. Passa que, avui dia, les di-

rectrius de la investigació depenen sovint de funcionaris poc competents. Tot això és la conseqüència natural del pes que s'atribueix a la tècnica, sense que es valorin degudament les funcions de la ciència. Amb un cert pessimisme, Thom assenyala que des del 1950 hi ha hagut més científics que en tot el període anterior, però que aquest fet no vol dir que s'hagin aconseguit resultats verament apreciables. Sens dubte, això respon a uns condicionaments de caràcter socio-polític. Thom ens diu que la ciència aconsegueix avui dia una funció que en uns altres temps corresponia a la religió: la de mostrar-se com a dipositària de les expectatives escatològiques de la humanitat. Sembla que la ciència ho resoldrà tot, malgrat les aplicacions inadequades de la tècnica al servei de la indústria, convertides en agressions contra el medi ambient.

LA TEORIA DE LES CATÀSTROFES

Hem de recordar que Georges Léopold Cuvier (1769-1832), que va perfeccionar el sistema de classificació de Linneu amb la noció de

"tipus" i amb la inclusió dels fòssils, ja va elaborar una "teoria de les catàstrofes". Considerava que hi havia proves irrefutables pel que fa a l'existència d'espècies naturals desaparegudes a causa de certs cataclismes. De tota manera, René Thom ha creat una altra teoria de les catàstrofes, que s'inicia en el camp de la matemàtica però que en transcendeix els límits per convertir-se en un sistema interpretatiu de caràcter interdisciplinari. Alguns investigadors han criticat la teoria de les catàstrofes amb l'argument que constitueix un intent de fer ciència tractant d'imposar un sistema preconcebut en comptes d'ajustar-se a les dades experimentals. Aquestes consideracions, si més no, subratllen el caràcter formalista de la teoria de les catàstrofes. Per respondre a aquestes objeccions, René Thom assenyala que els esquemes d'interpretació matemàtica generalment precedeixen les exigències que l'experiència imposa.

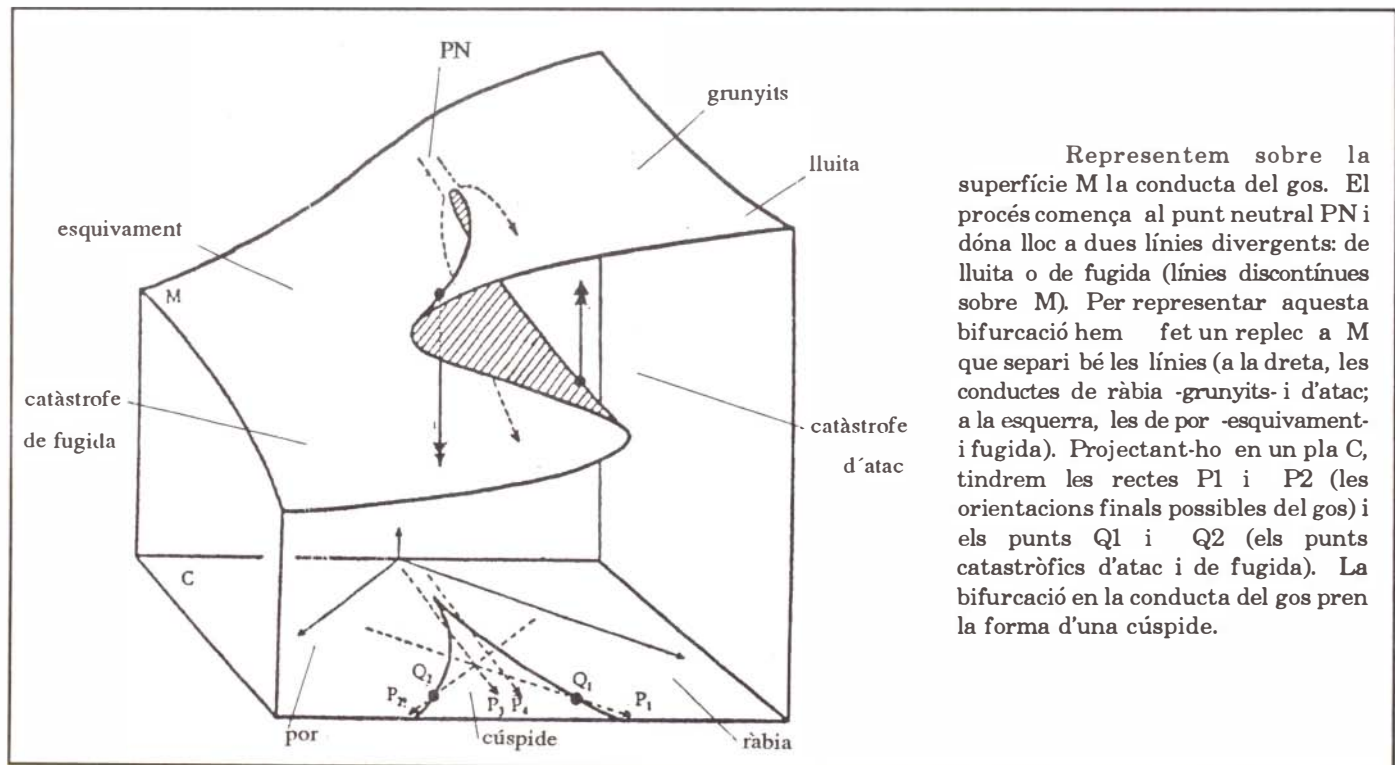
En tot cas, René Thom ens confessa que sovint surt del camp de la matemàtica, seduït per les coses flexibles, que es mouen i que es poden deformar. És la situació d'un

formalista que sospira pel que li és contrari; o, si es vol dir d'una altra manera, es tracta de l'intent d'un formalista de donar mobilitat a les estructures formals.

La teoria de les catàstrofes és bàsicament una metodologia o, com sovint ens indica René Thom, "una mena de llenguatge que permet organitzar les dades de l'experiència" i que tendeix a descriure les discontinuïtats que es poden presentar en l'evolució d'un sistema per interpretar-lo matemàticament.

El fet que exploti una caldera es pot considerar una catàstrofe, i certament aquest esdeveniment es podria explicar per mitjà de la teoria de les catàstrofes; ara bé, quan René Thom ens parla de catàstrofes no es refereix a la destrucció d'un sistema -com podria ser el cas de la caldera-, sinó a un cert canvi o gir en el sentit específic de passar d'un tram, part o secció d'un procés a un altre, cosa que dóna una significació específica al conjunt del sistema.

Convé considerar que la teoria de les catàstrofes se'ns presenta bàsicament com una hermenèutica o



interpretació del significat d'uns fenòmens. Aquests, siguin de l'ordre que siguin, apareixen com una síntesi d'estabilitat i pertorbació. Les pertorbacions introdueixen en el sistema marges d'indeterminació. Habitualment es tendeix a destacar els factors d'estabilitat per disposar d'un repertori de "fórmules d'aplicació".

René Thom s'inspira en la relació aristotèlica de potència/acte, en el sentit de buscar un conjunt de paràmetres de totes les capacitats o virtualitats (potència) de generar una forma (acte) a partir d'una modificació de l'espai que anomena "singularitat". S'ha de subratllar el significat que el mot "singularitat" té per als físics i per als cosmòlegs actuals com a punt fronterer de l'espai-temps. Es diu que les condicions desconegudes que van marcar l'inici del *big bang*, com també el darrer punt d'aquest col.lapse massiu que anomenem "forat negre", determinen "singularitats". Pel que fa a la teoria de les catàstrofes, la singularitat és aquell punt on l'espai desplega una nova morfologia dins d'un sistema determinat.

DESENTERRANT LA NOCIÓ D'HILEMORFISME

Amb el terme *hilemorfisme* es designa la doctrina d'Aristòtil referent a la matèria i a la forma. El filòsof grec concebia la matèria com a condició de l'ens en potència, mentre que la forma designava l'acte com l'acabament o la plenitud relativa d'una matèria. Aristòtil explicava el moviment com el pas de la potència a l'acte.

De la filosofia, René Thom no en fa escarafalls, fins i tot se'l podia veure en convencions d'aquesta especialitat, com la que el 1978 va tenir lloc a França sobre el pensament aristotèlic. En aquella ocasió **va assenyalar** que amb la teoria de les catàstrofes reapareixia la noció d'encadenament hilemòrfic. Quan

el matemàtic francès parla d'un substrat indiferenciat, ens diu que correspon al concepte de "primera matèria" o **substrat** remot de les relacions de matèria pròxima i de forma específica que configuren qual-sevol sistema. Arriba a sostenir que la forma, quan s'entén en termes prou generals, és un concepte infinitament més ric i subtil que el concepte de força; subratlla que l'estatut ontològic de força, que generalment preval en les consideracions dels físics, es deu a una mena d'antropocentrisme que, en darrer terme, resulta de l'experiència d'haver actuat sobre els objectes externs amb els músculs.

És comprensible que afirmacions d'aquesta mena, com la rememoració de filosofies d'altres temps, hagi provocat resistències davant de les idees de René Thom en els ambients científics de caire tradicional, molt especialment pel que fa a les tendències empiristes i neopositivistes.

■ Tots els fenòmens apareixen com una síntesi d'estabilitat i de pertorbació

CRISI I CATÀSTROFE

La catàstrofe és un fenomen visible, una discontinuïtat observable. La crisi, en canvi, és un estat latent que s'escapa de l'observació directa. Generalment es manifesta a través d'una pertorbació quantitativa i no qualitativa d'un procés de regulació; n'és un exemple una crisi econòmica d'inflació. En tot cas, la crisi pot anunciar la catàstrofe que

la segueix. Bàsicament, la crisi té una connotació subjectiva. S'ha de tenir en compte que els sistemes mecànics poden presentar "punts crítics", però no crisis. La crisi és una certa debilitació, aparentment sense causa determinada, dels mecanismes de regulació, cosa que és percebuda com una amenaça.

L'ANALOGIA

Un altre dels grans temes que centren l'atenció de René Thom és el de l'analogia, és a dir, de les relacions que es poden establir entre diferents elements basant-se en similituds. Arriba a dir, fins i tot, que la teoria de les catàstrofes es podria entendre, en termes generals, com una mena de sistematització de l'analogia.

Donant curs a consideracions com aquesta, el matemàtic francès es permet de fer una aproximació entre les funcions a què dona lloc el desenvolupament dels teixits embrionaris i les tres unitats bàsiques de l'oració gramatical: subjecte, verb i objecte.

Recordem que, en el procés embrionari, la capa externa s'invagina a conseqüència de la divisió de les cèl.lules, que es multipliquen de manera que algunes penetren en l'interior i es diferencien en tres fulls embrionaris: l'ectoderma, el mesoderma i l'endoderma.

De l'ectoderma derivaran l'epidermis, la cavitat bucal, el sistema nerviós central i el perifèric, i també els òrgans dels sentits. Del mesoderma sorgiran el derma, els ossos, una gran parte de la musculatura estriada, els vasos limfàtics, els vasos sanguinis i els genitals. Finalment, de l'endoderma derivaran l'aparell digestiu, el respiratori i l'excretor.

Segons considera René Thom, l'endoderma, que biològicament queda configurat per l'assimilació de la presa, correspon a l'esfera del

subjecte gramatical; el mesoderma, relacionat amb l'acció (ossos i músculs), té analogia amb el verb; i, finalment, l'ectoderma (sentits, sistema nerviós) estaria en connexió amb l'objecte sobre què recau l'acció del verb. El pare de la teoria de les catàstrofes se serveix d'un exemple bastant simple per fer entenedor el paral·lelisme biològicogramatical: "El gat (subjecte) es menja (verb) el ratolí (objecte). ¿Cal dir que aquesta mena d'elucubracions analògiques ha escandalitzat molts científics?"

VALORACIÓ DE RENÉ THOM

René Thom se'ns presenta com un investigador pluridisciplinari: ens pot parlar de lingüística, de biologia, de lògica, de psicologia, de geologia; pot fins i tot relacionar la matemàtica amb l'estructura d'una novel·la policíaca. La teoria de les catàstrofes es converteix a les seves mans en una mena de vareta màgica que tot ho explica, que descobreix les estructures més amagades i estableix les analogies més insospitades, no solament entre diferents branques del coneixement, sinó, fins i tot, entre els diferents nivells d'una mateixa branca del saber. És ben comprensible que una capacitat tan gran d'incursió conceptual en àrees tan diverses, i

de vegades d'una forma tan agosarada, faci arrufar el nas als especialistes que han edificat tot el seu edifici intel·lectual en un camp molt ben definit. De tota manera, s'ha de reconèixer el que significa el nou estil de René Thom d'encarar els problemes. Ens referim a l'agilitat, a la dinàmica mental, a la capacitat de buscar noves solucions i possibilitats interpretatives i, sobretot, de convertir en estímuls els problemes procedents dels sectors més diversos de la investigació.

René Thom és un d'aquells pocs matemàtics que pot enlluernar un col·lega amb termes grecs dels textos d'Aristòtil, cosa que s'ha de reconèixer que no ha deixat de fer el seu efecte. Ara bé, això no és cap estratègia *pour épater*, sinó una invitació per donar al discurs la màxima agilitat gràcies a un seguit d'associacions insòlites que tenen la virtut de fer sortir les proposicions dels solcs habituals. Per dir-ho en poques paraules: René Thom és un esperit creador. El seu tarannà el porta a provocar inversions en els termes d'una proposició habitualment admesa i consagrada per descobrir-hi nous sentits i noves possibilitats d'interpretació. Sembla neguitejar per dir les coses d'una altra manera, i això ens mostra una de les característiques més clares d'una intel·ligència autèntica-

ment creadora. La modernitat del seu pensament es troba arrelada en la fidelitat a una tradició cultural que, malauradament, molts investigadors del nostre temps han oblidat, sense tenir en compte que els "grans" de tots els temps es caracteritzaven pel fet de moure's dins d'aquesta àmplia perspectiva. El mètode de René Thom és l'expressió d'una mentalitat nova que ens recorda la gran capacitat dels grans investigadors de tots els temps. ■

Joan Garcia Font

és llicenciat en Filosofia i autor d'obres d'epistemologia i d'història de la ciència.

BIBLIOGRAFIA

Obres de René Thom

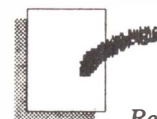
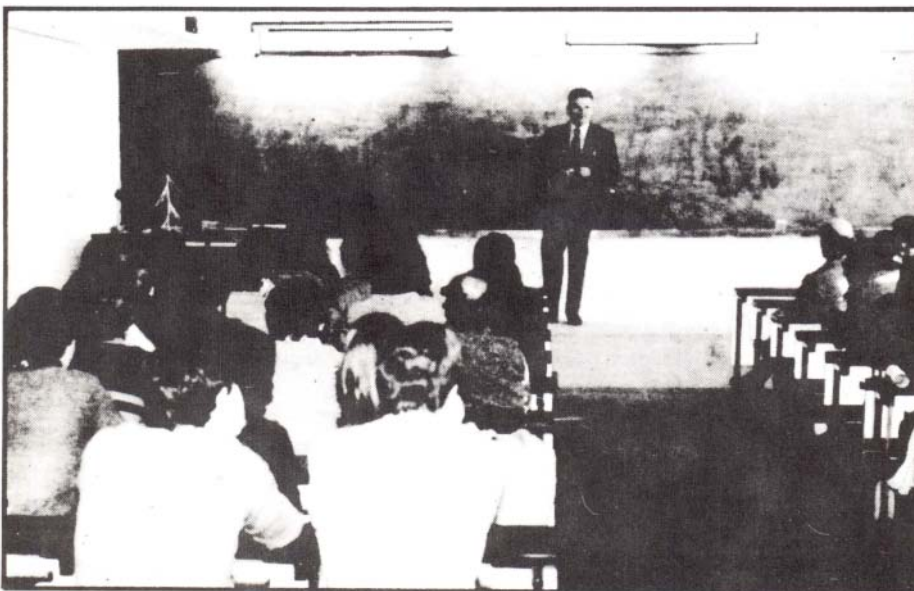
Paràbolas y catàstrofes. Tusquets, Barcelona, 1985.

Una teoria dinàmica de la morfogènesis, in *Hacia una biología teórica*, Waddington et al. Alianza Editorial.

Stabilité structurelle et morphogénèse. Benjamin, Nova York, 1972.

Modèles mathématiques de la morphogénèse. Union Générale des Éditeurs, París, 1974.

Rôle et limites de la mathématisation des sciences. La Pensée, 1977. núm. 195, oct.



René Thom a l'Escola d'Enginyers de Barcelona, a primers de març de 1982.

"TOT EL QUE ÉS RIGORÓS ÉS INSIGNIFICANT"

El juny de 1982, a (ciència) 17, Jaume Puigbó va fer una entrevista a R. Thom. En reproduïm alguns fragments que toquen dos problemes clau de la recerca fonamental del futur. L'un és la raó física de la simetria i l'homogeneïtat que prevalen en el nostre espai. L'altre, que comença a tenir resposta gràcies a la teoria de les estructures dissipatives, és la morfogènesi en l'embriologia.

(ciència):-¿Aleshores, quan va crear la vostra teoria, encara no pensàveu en les seves aplicacions o bé aquestes van ser una font d'inspiració?

R. Thom: -Tractaré d'explicar-vos el que va passar. En els anys 60, quan era professor a Estrasburg, em vaig interessar per la teoria d'envolupants, una mica en l'esperit contrari als que propugnaven el moviment de les matemàtiques modernes, que pretenien eliminar aquesta teoria. En un article publicat en el *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* vaig mostrar que la teoria d'envolupants permetia explicar un gran nombre de fenòmens familiars que no es poden entendre sense ella, com, per exemple, l'estructura cuspidal d'una càustica en una tassa de cafè amb llet.

-¿Podeu explicar-nos què és una càustica?

-En òptica, quan tenim un feix de raigs lluminosos, en general el feix té una envolupant i aquesta superfície és una càustica. Quan tallem el feix per una pantalla, la càustica apareix com una corba que separa la part il·luminada de l'ombra. Jo em vaig interessar en l'estructura de les càustiques i vaig participar en experiments amb físics, experiments molt senzills, és clar. I després d'aquests experiments em vaig convèncer que en les càustiques hi havia altres singularitats a més a més de les previstes pel teorema de Whitney i que calia afinar la teoria, considerant famílies de funcions que depenen d'un paràmetre. Quan tenim un sistema de trajectòries descrites per un principi variacional, com el principi de

Fermat o el principi de la mínima acció, hem d'esperar trobar en l'espai de configuracions singularitats de tipus càustic. Pels anys 1962-1963 em vaig començar a interessar per la biologia. Vaig llegir Waddington, aconsellat per un col·lega, i em vaig assabentar d'aquesta idea reveladora de Delbrück segons la qual la diferenciació cel·lular es pot interpretar com un canvi de fase i aquest, en una òptica catastrofista, o en la teoria de Landau en física, com el mínim d'un potencial. D'aquesta manera vaig començar a estudiar biologia i, sobretot, embriologia, ja que l'embriologia és un subjecte que, a hores d'ara, encara és extremament mal comprès, fins i tot, podríem dir, que no es comprèn gens ni mica. Però, malauradament, aquesta sembla que és una de les característiques de la biologia moderna: es descriuen les coses però no s'intenta pas explicar-les ja que això ens sembla una tasca impossible.

-Però aquest fet és general en gairebé totes les ciències. Es descriu el que passa, de vegades molt acuradament, però no es coneix la veritable raó del que succeeix.

-Sí, però en el marc de la biologia això és molt més fascinant. És veritat que en geologia, per exemple, hi ha moltes formes que no podem explicar, però el que passa en biologia és que aquestes formes estan molt controlades. Per exemple, l'evolució de formes en l'embrió és una successió de processos relativament ben controlats. Com es porta a terme aquest control, és un enigma. Els biòlegs diuen que són els gens, però ningú no pot explicar

com es realitza aquest control; per tant, aquesta no és una explicació seriosa.

-¿Quin record teniu de la vostra estada a l'Ecole Normale?

-Vaig entrar a l'Ecole Normale el 1943, sota l'ocupació alemanya. Per entrar-hi s'havia de fer un concurs i jo el vaig passar, encara que sense gaire èxit. Els alumnes residíem a l'Ecole i seguíem cursos a la Sorbona. Treballàvem molt, és clar que no podíem fer altra cosa que treballar, donades les circumstàncies.

Em vaig decidir a fer matemàtiques en certa manera per conèixer els límits de la meua capacitat intel·lectual. Creia que si era capaç de fer matemàtiques seria capaç de fer qualsevol altra cosa. Això encara crec ara que és cert: si es poden fer matemàtiques, matemàtiques de punta, es pot fer gairebé qualsevol altra cosa. Ara bé, els matemàtics en general són un tipus de gent molt purista, que refusen interessar-se en aquelles coses que, des del punt de vista conceptual, no estan clarament delimitades. Afortunadament, jo em vaig escapar del "dimoni" del rigor que s'apoderava de la major part dels meus col·legues i no vaig dubtar a estudiar coses que no eren del tot rigoroses. Més endavant vaig escriure en un article: tot el que és rigorós és insignificant. Bé, aquesta afirmació s'hauria de matisar, és clar.

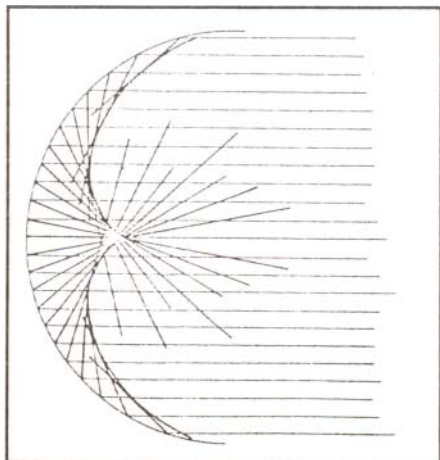
-¿Es podrà matematitzar la biologia i altres ciències fins al mateix grau que la física actual, i quan creieu que s'arribarà a tenir una biologia teòrica (amb

un contingut matemàtic similar al de la física teòrica d'avui dia)?

-Crec que s'arribarà a matematitzar una bona part de la biologia, però aquesta matematització no serà de la mateixa naturalesa que la de la física. Necessitarà instruments molt més qualitius, molt més topològics que el modelisme quantitatiu tradicional de la física. En particular la noció de llei física, tan important per als físics, perdrà el seu rigor pel que fa a la biologia. El determinisme biològic no estarà fonamentat en igualtats determinístiques similars a les de la física.

-¿La vostra teoria té continuadors que podrien emprendre aquesta tasca de teorització?

-Crec que en l'actualitat la gent dubta de fer aquest salt. La biologia moderna ha fet una regressió en comparació amb el que era, diguem, a començament de segle. A començament de segle els biòlegs no dubtaven a utilitzar la noció de camp morfogènec en embriologia. Ara hi ha encara alguns especialistes que la utilitzen, però la major part la consideren màgico-mística perquè no es coneix el suport bioquímic dels camps morfogènecs de l'embriologia, però aquests camps existeixen de forma indubtable. Estem en una situació paradoxal: tenim objectes i se'n pot verificar empíricament l'existència, però no se'n coneix el suport material.



-Des de Wigner s'ha parlat molt sobre l'efectivitat "irraonable" de les matemàtiques. Teniu cap explicació del fet sorprenent que una teoria matemàtica desenvolupada com a model d'un fet físic s'apliqui a una gran varietat de fenòmens que no tenen res a veure (des del punt de vista físic) amb el fenomen original? (L'exemple clàssic és el de les equacions diferencials, com la de Korteweg-de Vries).

-No, no en tinc cap. Per mi és un miracle, el miracle de la física. El fet que hi hagi lleis, lleis quantitatives, a la natura és una situació miraculosa, que l'home ha explotat al màxim i que potser encara explotarà més. Bé, quin podria ser l'origen del miracle? Crec que va lligat al fet que el nostre espai és un espai dotat d'una geometria, geometria definida per una mètrica, la qual té unes propietats gairebé homogènies. Per raó d'aquesta homogeneïtat existeix l'acció de grups de Lie, grups de simetries, i aleshores es té tot l'aparell de la teoria de representacions. Es té l'analicitat de les representacions dels grups compactes, el teorema de Peter-Weyl, i gràcies a aquesta analicitat es té la possibilitat de predicció. Per mi, doncs, el veritable miracle està en el fet que l'espai estigui dotat de geometria i això no crec que pugui tenir un origen estrictament matemàtic. La geometria ha de tenir un suport físic, han de ser processos físics els que en certa manera encarnin aquesta geometria. Però sobre la naturalesa d'aquests processos físics



L'envolupant dels raigs reflectits per una superfície corba constitueix una càmbrica. La càmbrica formada per reflexió dels raigs paral·lels que arriben en un mirall esfèric s'assembla de manera sospitosa a la catàstrofe en forma de cúspide.

no en sabem res. No poden ser processos de partícules elementals, perquè aquestes partícules constitueixen en elles mateixes "trencaments" de la simetria. Però quina és la causa de la simetria subjacent? Ningú no ho sap. Aquesta problemàtica, però, deixa els físics indiferents, perquè consideren que no és l'objecte de la seva ciència.

-Penseu que en el futur es trobarà una teoria física en què es podrà prescindir de les partícules elementals?

-Sí, tinc l'esperança que un dia s'edificarà una teoria realment coherent de la mecànica quàntica, ja que a hores d'ara la mecànica quàntica és una teoria intel·ligible. És una teoria que fa jugar a l'home un paper excepcional, és Copèrnic al revés. Copèrnic va dir: "l'home no juga cap paper a la natura"; la mecànica quàntica diu: "les experiències canvien les lleis d'evolució dels fenòmens". Per mi això és fonamentalment inadmissible. Espero que el dia de demà es creï una teoria sintetitzadora que expliqui a la vegada la simetria i els trencaments d'aquesta simetria, que constitueixen les partícules elementals.

Des dels anys setanta hi ha hagut un cert retorn de la física als estudis dels medis macroscòpics. Fins el 1970 els físics estaven totalment fascinats per les partícules elementals i física d'altres energies. A partir d'aquesta data s'ha renovat l'interès per qüestions de defectes en els cristalls, en els medis ordenats i crec que s'han fet progressos considerables en el camp macroscòpic, i potser em faig il·lusions, però em fa l'efecte que el meu llibre ha tingut certament un impacte sobre aquesta tendència, que ha fet renéixer l'interès dels físics per la morfologia dels medis macroscòpics. Hi ha certs resultats de la teoria de defectes i de la teoria de la turbulència que estan en la mateixa línia filosòfica que la teoria de les catàstrofes.