

## CONSIDERACIONS ENTORN LA INTERACCIÓ DE LA MATEMÀTICA I LES ALTRES CIÈNCIES

**M. Rosa Massa Esteve; Carles Puig-Pla**

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona; Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya i Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.

Paraules clau: *matemàtica pura, ciències, matemàtica aplicada.*

Around the interaction between mathematics and other sciences

Summary: *The Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica organizes a symposium to celebrate the World Year of Mathematics. The goal of this presentation is to supply further ideas addressed to enrich the debate between applied mathematics and pure mathematics.*

Key words: *pure mathematics, applied mathematics, sciences.*

### 1. Matemàtica i desenvolupament

Aquest simpòsium queda emmarcat dins dels actes que se celebren arreu del món, durant l'any 2000, amb motiu d'haver-lo proclamat Any Mundial de les Matemàtiques a Río de Janeiro el 1992, i haver comptat, després, amb el suport de la UNESCO (reunió plenària de l'11 de novembre de 1997). El tema del simpòsium es troba en la línia del segon punt de la declaració de Río de Janeiro: «promulgar que la matemàtica és una de les principals claus per al desenvolupament». Així, les ponències que presentem posen de manifest exemples d'utilització dels recursos matemàtics en diversos àmbits i moments del desenvolupament social, amb l'objectiu d'afavorir el debat sobre els lligams, establerts al llarg de la història, entre la matemàtica pura i la matemàtica aplicada.

### 2. Diverses perspectives per a un debat: matemàtica pura i matemàtica aplicada

És evident que aquest és un camp molt ampli que es pot abordar des de diferents vessants. Si ho fem des del punt de vista epistemològic (relació teoria-aplicació) podríem preguntar-nos: què volem dir quan parlem d'aplicacions? Aplicació vol dir travessar les fronteres d'altres disciplines? Significa el mateix *aplicacions* que eines o utilitats? Els matemàtics, quan fan *apli-*

*cació*, distingeixen entre la teoria i l'aplicació, o bé ho consideren tot com una unitat i transformen la teoria adaptant-la a la ciència corresponent? Són conscients sempre d'aquesta distinció?

Si abordem la qüestió des d'una perspectiva psicològica, podem preguntar-nos: influeix en l'aplicació la manera especialitzada de pensar dels matemàtics? Tenen tots estructurada la ment de la mateixa manera? Pel que fa a aquest punt, el Dr. Albert Dou (1991, p. 111-124), en un article sobre la comunicació en les matemàtiques, deia:

El quefer dels matemàtics, a jutjar per la classe de conceptes i significats i pel tipus de raonament que fan servir en el seu discurs científic, s'estén per un ampli ventall que va des de confondre's, per un costat, amb el del lògic fins a confondre's, per l'altre costat, amb el del físic teòric o físic matemàtic... Aquest últim no perd mai de vista l'aplicabilitat i, fins i tot, una aplicació concreta a algun fenomen natural dels resultats de la seva investigació... En canvi, els lògics matemàtics i filòsofs matemàtics ignoren el món real de la naturalesa física.

Si el que volem és abordar el tema des del punt de vista sociològic, llavors ens pot interessar indagar si la matemàtica és o no és neutral en les seves aplicacions. Com a historiadors, també ens podem preguntar: perquè s'han fet unes aplicacions i no unes altres?

Tots aquests plantejaments són legítims, i les preguntes que susciten es poden tractar a partir de les contribucions dels ponents. Ens agradaria introduir en el debat uns altres dos aspectes per la seva influència en la consideració de la matemàtica com a eina essencial per al desenvolupament: el paper jugat per la matemàtica com a «reina de les ciències» i el conreu i ús de la matemàtica pura.

### 3. La Matemàtica «reina de les ciències»

El primer aspecte esmentat, la matemàtica com a «reina de les ciències» (expressió usada per Gauss), consisteix a considerar la matemàtica com a paradigma, com a exemple, com a model. D'acord amb Henk Bos (1997, p. 165-180), aquest *rol* el veiem expressat mitjançant tres idees, amb orientacions no disjunctes: l'expressió matemàtica de la natura, l'estructura lògica de les teories matemàtiques i el mateix llenguatge matemàtic.

La primera idea, la natura com a expressió de la matemàtica, és molt antiga. Ja a Grècia els pitagòrics, que van descobrir la presència de raons aritmètiques no només en l'harmonia musical, sinó també en el si de la realitat mateixa, deien: «tot és nombre». Més endavant, els pintors renaixentistes intenten aritmetitzar el problema de la perspectiva; i, de fet, la recerca de proporcions més estètiques (recordem la raó àuria) tant en la pintura, l'escultura o l'arquitectura és una constant des dels grecs fins als nostres dies, des del cànon de bellesa dels mestres hel·lènics fins als actuals, com Escher o Le Corbusier, passant per Durero, Da Vinci o Miquel Àngel. Així, Le Corbusier (1948, p. 490) escrivia:

La matemàtica no és pas per l'artista les diferents branques de les matemàtiques. No es tracta pas necessàriament de càlculs, sinó de la presència d'una reialesa; una llei d'infinita ressonància, consonància i ordre. El rigor és tal que, veritablement, l'obra d'art n'és el resultat, tant si es tracta del dibuix de Leonardo, de

l'esfereïdora exactitud del Partenó, comparable en la talla del seu marbre fins i tot amb la de les màquines, de l'implacable i impecable joc de construcció de la catedral, de la unitat que feia Cézanne, com de la llei que estableix en l'arbre l'esplendorosa unitat de les arrels, del tronc, de les branques, de les fulles, de les flors, dels fruits. No hi ha cap atzar dins la natura. Si hom ha entès el que és la matemàtica en el sentit filosòfic del terme, hom pot discernir-la en totes les obres. El rigor, l'exactitud són el mitjà de la solució, la causa del caràcter, la raó de l'harmonia.

Passem a la segona idea que presenta la matemàtica com a model, però, en aquest cas, per la seva estructura lògica, pel seu caràcter racional. Aquí podem citar els *Elements* d'Euclides, que van ser un exemple de raonament per l'estructura de les seves proposicions i demostracions; més tard, Descartes, a partir del model de la matemàtica, vol trobar un mètode universal que uneixi i s'apliqui per igual a tots els sabers; Leibniz volrà desenvolupar una «característica universal» per poder construir les idees de la mateixa manera que les fórmules matemàtiques, etc. També actualment, en un sentit molt més restringit, es pren la matemàtica com a model. Així, a grans trets, podríem dir que, per resoldre complexos problemes d'investigació, s'intenta crear uns models matemàtics, moltes vegades estructures funcionals, que expliquin el procés; tot seguit s'analitzen matemàticament i, mitjançant un procés reiterat d'interacció model-resultat, s'arriba a la creació de nous models que simulen progressivament, cada cop millor, els comportaments físics.

La tercera idea considera el llenguatge matemàtic com el llenguatge escaient per expressar la ciència. Galileu ja parlava de la natura com «un llibre escrit en el llenguatge de les matemàtiques» i Newton, en els *Principia*, presentava els fonaments de la física amb un llenguatge matemàtic. Actualment, totes les ciències consideren el llenguatge matemàtic com el més idoni per expressar els seus resultats. Recordem les paraules de Joan Solà-Morales (2000, p. 18-20), professor del Departament de Matemàtiques Aplicades I de la Universitat Politècnica de Catalunya, en l'acte de celebració de l'Any Mundial de les Matemàtiques que va tenir lloc al paranimf de la Universitat de Barcelona: «la matemàtica és el llenguatge de la ciència i de la tecnologia». I, després d'uns quants exemples, ens convidava a fer un exercici:

Aneu a qualsevol biblioteca que tingui llibres de ciència i tecnologia de nivell superior i d'àmbit internacional i obriu-ne un a l'atzar. El que observareu, i no serà pas per casualitat, és que no passaran massa paràgrafs sense que comencin a sortir coses com una estadística, una integral...

#### 4. La matemàtica pura: interès i aplicació a altres ciències

El segon aspecte que volem remarcar és l'interès de la matemàtica pura com a eina essencial per al desenvolupament. Les consideracions abstractes que han estat investigades pel seu interès purament matemàtic esdevenen moltes vegades, i de forma inesperada, aplicables a altres dominis. Així, els estudis fets per Apol·loni sobre les seccions còniques varen servir més tard a Kepler per expressar les seves famoses lleis, i els estudis fets sobre la independència del cinquè postulat d'Euclides van donar lloc al naixement de les geometries, que més tard serien essencials per entendre la teoria de la relativitat.

El 3 d'agost de 1994, en el discurs d'inauguració del Congrés Internacional de Matemàtics, la ministra d'Educació de Suïssa, Ruth Dreifuss (1994, p. 3-6), explicava que un treball sobre la teoria de nusos tridimensionals, guardonat amb la medalla Fields, era utilitzat ara pels físics en mecànica estadística i pels biòlegs per explicar l'estructura del DNA. La ministra preguntava als matemàtics presents: com pot la matemàtica pura justificar aquest art a l'Estat que la financia? Aquestes són algunes de les respostes que va rebre: «el tresor que busquen (els matemàtics) està en el cor mateix de tot (...) obtenir respostes precises sobre el món (...). Com a tal la seva recerca ha d'ésser una inquietud central de qualsevol Estat il·lustrat» (Raoul Bott); «les matemàtiques són com un iceberg: a sota de la superfície hi ha el reialme de les matemàtiques pures, amagat de la vista de la gent (...). Per sobre de l'aigua hi ha la punta, la part visible que nosaltres anomenem matemàtiques aplicades» (Armand Borel); «un dels misteris més profunds de la vida és de quina manera les millors matemàtiques pures, desenvolupades per elles mateixes, inexplicablement i impredeciblement, esdevenen útils» (Phillip Griffiths). Tanmateix, si la matemàtica pura s'aplica per resoldre problemes en altres dominis, també aquestes aplicacions de les idees matemàtiques freqüentment generen noves idees que prenen vida pròpia. Per un costat, la matemàtica contribueix a una millor comprensió de fenòmens experimentals i, per un altre, d'aquests contactes en recull inspiracions per al seu propi desenvolupament.

Amb aquesta introducció el que volem posar de manifest és que hi ha molts paràmetres a tenir en compte en les complexes relacions entre la matemàtica pura i la matemàtica aplicada, i que ambdues, de maneres diferents, esdevenen cabdals per a entendre el món i el seu desenvolupament.

## 5. Una petita mostra d'un vast domini

Les ponències que trobareu aquí reflecteixen una petita, en nombre, però rellevant mostra del vast domini de la interacció de la matemàtica amb les altres ciències. En el decurs de la llarga història de les matemàtiques, aquests contactes han estat sempre d'una fertilitat extraordinària i, alhora, han impulsat el desenvolupament de noves branques de les matemàtiques. Així, la matemàtica dels àrabs va ser clau per al desenvolupament de la trigonometria; d'aquesta cultura i de la seva relació amb la matemàtica ens en parla Mònica Rius. També l'àlgebra va trobar el seu impuls en les «aritmètiques mercantils» del Renaixement; Vicent Salavert ha treballat sobre aquest tipus de llibres i la seva importància pel desenvolupament de la ciència. En el cas de la navegació, la contribució de Francesc X. Barca ens mostra com avançava la matemàtica tot intentant determinar la longitud en el mar i resoldre el «problema del punt». Eduard Recasens ens explica, en el seu article, com Heaviside utilitza la matemàtica per investigar sobre l'electricitat. I la contribució de Jaume Llibre ens permet entendre millor com les matemàtiques han contribuït al coneixement actual del Sistema Solar i els seus moviments. Hem deixat per al final dues ponències singulars: una és l'aportació de Guillermo Lusa sobre el paper que Jaume Balmes assignava a les matemàtiques com a base del progrés industrial; aquesta contribució és d'especial interès a Vic, la localitat on s'ha celebrat el Simpòsium, ja que Balmes va ocupar la primera càtedra de Matemàtiques el 1837; l'altra, l'aclariment que vol proporcionar l'article de Carles Puig sobre la significació històrica del concepte *matemàtiques*, particularment sobre les matemàtiques mixtes o aplica-

des, a finals del segle XVIII i principis del XIX, i que pretén aportar nous elements de reflexió a aquest debat.

### Bibliografia

BOS, H. (1997), «Queen and Servant: The Role of Mathematics in the Development of the Sciences», *Lectures in the History of Mathematics*, 7, American Mathematical Society, London Mathematical Society, p. 165-180.

DOU, A. (1991), «La comunicación en matemáticas», *La comunicación*, Madrid, Universidad Pontificia de Comillas, p. 111-124.

DREIFUSS, R. (1994), «L'impacte de les matemàtiques en el món actual». A: *La matematització del món*, Societat Catalana de Matemàtiques, p. 3-6.

LE CORBUSIER (1948), «L'architecture et l'esprit mathématique». A: *Les Grands Courants de la pensée mathématique*, París, 490.

SOLÀ-MORALES, J. (2000), «Les matemàtiques com a aspecte essencial per al desenvolupament (Abans i ara)», *Societat Catalana de Matemàtiques/ Notícies*, 13, p. 18-20.