

Ensenyament Superior i Matemàtiques: nous reptes

Claudi Alsina*

En aquest article m'agradaria exposar què em semblen alguns reptes importants per a l'ensenyament d'assignatures de matemàtiques en l'actual context universitari. No entraré en el camp de la formació de mestres i professors de secundària, ni en el camp específic i minoritari de la formació de matemàtics, sinó que intentaré referir-me, des d'una òptica internacional, a aquest immens conjunt de formació matemàtica que es dona avui en els estudis superiors més diversos.

És ben cert que no hi ha res tan divers com el món universitari d'arreu i que generalitzar en aquest camp és un terreny relliscós, però sí que m'ha semblat anar captant en els darrers anys unes problemàtiques que podríem qualificar d'universals en els països avançats. Voldria fer referència a aquestes problemàtiques, després d'escoltar tot el que s'ha dit en els darrers cinc anys a tots els congressos i reunions on s'ha parlat del tema, (Derek, 1998) (Alsina, 1998) però formulant en positiu els reptes que ens plantegem.

El repte del nou marc de l'ensenyament superior

Ens trobem amb unes universitats que han trencat els seus àmbits d'actuació tradicional, docents i geogràfics, per esdevenir institucions de formació postsecundària o superior. Les xifres globals canten: 13 milions d'estudiants al 1960, 90 milions avui, amb ofertes de nous estudis que provenen de demandes socials autèntiques o de dèries privades de grups de pressió, i donant, o intentant donar, respostes, a exigències d'actualització

* Claudi Alsina i Català (Barcelona, 1952) és matemàtic, catedràtic de Matemàtiques de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Adreça professional: Secció Matemàtiques i Informàtica. ETSAB. Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal 649, 08028 Barcelona. Correu electrònic: alsina@ea.upc.

constant, d'obertura social, d'acolliment de nous col·lectius, de projecció internacional, de noves estructuracions gerencials, d'innovacions tecnològiques, d'actuacions a distància, etc. No faig cap crítica, em limito a constatar uns fets: avui la realitat universitària ha canviat radicalment.

El primer gran repte és pensar en les matemàtiques en aquests nous contextos. Quines matemàtiques podran ser interessants per als estudis de turisme, multimèdia, fotografia, graduat social, ciències ambientals, organització d'empreses, paisatgisme...? Qui les farà? Poden aportar alguna cosa? Es faran les matemàtiques, els seus mateixos usuaris?

Les carreres tradicionals amb aportacions matemàtiques representen avui un petit racó mutant del ventall formatiu. El repte és allò que se sabrà oferir de matemàtiques a les noves professions, la majoria de les quals encara s'han de inventar.

El repte de la qualitat docent

Durant dècades la formació matemàtica a la universitat s'ha basat en la transmissió de coneixements més que no pas en una veritable formació educativa. S'ha valorat més la recerca del professorat que no pas la docència, i han tendit, quan han pogut (o els han deixat), a fer, precisament, docència de la seva recerca. Això que és indispensable en nivells avançats i ineludible en el tercer cicle, no té quasi res a veure amb el fet d'impartir cursos estàndard de primers cicles. Allà on entre tots fem el 85 % de tota l'activitat matemàtica universitària mundial.

La majoria de formacions i estudis inicials no requereixen grans desenvolupaments matemàtics de darrera generació, i és aleshores quan neix una demanda raonable d'una màxima qualitat docent. La competitivitat interuniversitària augmentarà també aquesta pressió.

Aquest repte està molt relacionat amb d'altres que ara comentarem.

El repte de formar bons professors universitaris de matemàtiques

La formació de mestres està perfectament establerta. La formació de professors de secundària mai ha arrelat com a tasca universitària reglada i sempre s'ha desplaçat a la postlicenciatura (aquí en forma de CAP o de

CQP). La formació de professors universitaris com a educadors encara s'ha d'inventar. Les exigències de qualitat, a les quals hem al·ludit abans, forçaran aquesta formació més enllà de l'actual aprenentatge per prova/error i per intuïció. Segurament, per assumir aquest repte pot ser un fet positiu la gran quantitat de professors sèniors que formaran part dels departaments universitaris catalans en els propers vint anys.

El que havia estat la tradicional «carrera universitària» dels professors de matemàtiques (i d'altres matèries) pràcticament ha entrat en fase d'extinció. La seqüència «estudiar matemàtiques - entrar d'ajudant - fer el doctorat - accedir a una plaça - donar prioritat a la recerca sobre la docència...» ha entrat en crisi com a resultat de molts factors. Molts dels estudiants brillants que abans iniciaven estudis de matemàtiques avui es desvien en grans proporcions cap a carreres tècniques amb millors (reals o aparents) perspectives laborals i molts matemàtics cerquen feines no docents; la davallada de cursos i hores de matemàtiques anul·la perspectives dels joves professors; la quantitat de professionals d'altres disciplines que avui ensenyen matemàtiques va creixent; etc. Per tant, caldrà unir el repte de formar bons professors a l'altre, més necessari, de trobar professors, quan això tingui sentit laboral.

El repte de redefinir els curricula de matemàtiques

En l'àmbit que estem comentant, de matemàtiques per a professions diverses, cal preguntar-se: avui es fan més matemàtiques o se'n fan menys?

Segons com es miri, menys; segons com es miri, més. Aquesta paradoxa aparent té, de fet, una explicació força senzilla. Es dona una creixent «matematització» de les disciplines universitàries. És estrany el curs de ciències socials on no s'usin determinades tècniques estadístiques, l'econometria fa usos massius d'índexs matemàtics, la meteorologia no s'entén sense models matemàtics d'ajut a la predicció, les ciències experimentals no poden fer-se sense simulacions, etc. Les tècniques matemàtiques han anat eixamplant els seus horitzons i les seves aplicabilitats, i en quasi tots els contextes ja formen part del discurs i la metodologia de les altres disciplines. Per tant, no resulta gens agosarat afirmar que, globalment, avui es fan més matemàtiques que mai en el món universitari i professional. Ara bé, en l'àmbit docent, aquestes matemàtiques inserides en assignatures diverses són explicades pels propis professors d'aquestes matèries en les quantitats, i graus de generalitat necessaris.

Paral·lelament, arreu hi ha una davallada considerable de les hores i els cursos «específicament de matemàtiques» que s'imparteixen des dels departaments matemàtics. En alguns casos extrems, des d'altres departa-

ments arriben a ensenyar les assignatures generals de matemàtiques i, en els casos més freqüents, els departaments de matemàtiques tenen una influència decreixent en els plans d'estudi, un desplaçament progressiu des d'allò que havia estat impartir cursos «bàsics» a un oferiment de cursos «complementaris» o optatius, rarament presents fora dels primers cicles.

Per tot això, tenim el repte de redefinir continguts, programes, assignatures, etc., acceptant la «matematització» ja present sota temes diversos i donant possiblement un sentit nou al fet de «formar matemàticament des de les matemàtiques». Hi ha unes metodologies, unes formes de modelitzar i raonar, etc., que difícilment poden veure's bé des d'altres matèries. Potser criteris de col·laboració interdisciplinària s'imposaran o potser hi ha possibilitats d'intervencions puntuals al llarg dels estudis que caldria fer. Segurament aquesta presència acumulada en els dos primers cursos deixa de tenir sentit i s'han d'experimentar formes més imaginatives de formació.

El repte de la recerca sobre el propi ensenyament

Fins no fa gaire, pocs professors universitaris del món de les matemàtiques s'havien interessat en fer recerca sobre els seus propis ensenyaments. Ara sembla que la situació millora tímidament i comencen a aparèixer estudis rellevants, per exemple, sobre els canvis secundària-universitat, sobre els avantatges i els problemes dels usos tecnològics, sobre la formació dels professors, sobre els *curricula minimalis*, sobre les dificultats conceptuals en matèries concretes (conceptes d'anàlisis)... i d'altres aspectes epistemològics, cognitius o sociològics de caràcter més general.

Recentment, Mogens Niss citava (Niss, 1996) alguns exemples sorprenents de resultats que provenen de recerca educativa que haurien d'afectar la reorientació dels estudis d'assignatures de matemàtiques: la demostrada enorme complexitat de l'aprenentatge matemàtic que invalida les consideracions trivials sobre les mancances dels estudiants; el paper central dels dominis específics en els quals s'aprenen les coses i les seves aplicacions per facilitar-ne el correcte aprenentatge i ús; els obstacles que es donen entre entendre els processos lligats a un concepte i l'assoliment del propi concepte com a objecte; les confusions sobre què és una demostració, què és demostrar i quin sentit té i quan cal o no cal fer-ho; les sorprenents necessitats de reforçar la conceptualització teòrica a causa de les simplificacions computacionals, etc.

Creiem que aquest és un camp nou, d'enormes implicacions educatives i que mereix ser explorat i valorat. Aquest repte, però, en porta associat un altre, que és el de fer possible que resultats de recerca educativa siguin coneguts, assolits i emprats pel propi professorat.

El repte de la tecnologia

El desenvolupament de les noves tecnologies, computacionals o de multimèdia, afectarà (o hauria d'afectar) de forma radical no solament com ensenyar matemàtiques, sinó també què ensenyar (Tall, 1991).

Grans apartats de les matemàtiques havien estat pensats per oferir recursos eficients de càlculs fets a mà. Des de les taules de logaritmes a la fórmula de Taylor, s'havien fet tècniques per tal de resoldre molts problemes amb aproximacions de grau 1 o grau 2. La «linealització» o «polinomitxació» del món matemàtic pertany a aquest paradigma de «poder» calcular. Les actuals tècniques computacionals resolen ràpid i bé la majoria de problemes, amb graus molt acurats, abans inimaginables, i deixen obsoletes determinades tècniques. Avui la resolució a mà d'un sistema de tres equacions lineals amb tres incògnites per determinants pertany al món de les curiositats. No solament una calculadora permet fer-ho en un moment sinó que els problemes reals, per exemple, d'una estructura arquitectònica, poden requerir desenes d'equacions i incògnites i ser resolubles computacionalment amb facilitat, sense emprar, per descomptat, determinants. El desenvolupament de la visualització, les bases de dades, etc. avui també comencen a oferir unes possibilitats de solucions visuals (de variables estadístiques, de recerca de dades, de diagrames estructurals, etc.) que revolucionen totalment els gràfics en si i les seves potencialitats.

Així doncs, avui la tecnologia afecta radicalment la pròpia investigació matemàtica, que hi ha trobat una font inesgotable d'inspiració i de problemes a modelitzar o resoldre. I afecta, encara més, a la formació matemàtica dels universitaris. En aquest punt, però, cal un seny docent: si bé la tecnologia estalvia moltes hores i elimina temes antics, obre temes nous i una necessitat indiscutible de formar en el sentit comú i en l'ús intel·ligent i crític dels resultats tan ràpids com críptics que la pròpia tecnologia facilita.

El repte de la innovació permanent

S'imposen canvis de programes, canvis tecnològics... però calen canvis docents en les dinàmiques, en la comunicació... i, sobretot, en l'avaluació (Niss, 1993) (Wittmann, 1995). Tendències a valorar la flexibilitat, el treball cooperatiu, el desenvolupament de projectes, etc. marquen avui les formes més noves de superar els exàmens rutinaris i les proves selectives. Precisament, en les matemàtiques de servei a d'altres carreres no és bo que com a matèries basicocomplementàries siguin emprades com a instrument selectiu.

El repte del pas de secundària a la universitat

Aquest és un dels problemes que ara, finalment, sembla preocupar molt els professors universitaris de primers cursos, entre els quals hi ha els de matemàtiques i aquells amb assignatures que suposadament enllacen la secundària amb la universitat.

Les reformes de secundària fetes arreu estan culminant ara els seus desenvolupaments i, de fet, a molts llocs ja comencen les revisions de les reformes. Si bé les reformes de secundària sempre tenen un plantejament global, de país, les reformes universitàries, que també estan en marxa, gaudeixen sempre de fortes característiques locals. En els llocs (com aquí) on la universitat ha fet reformes locals al marge de la secundària i s'han assajat els nous plans universitaris amb alumnes de plans antics de secundària, encara ens falta el pitjor. En el cas de matemàtiques, grinyolen els objectius educatius que els professors de secundària tenen amb els dels professors universitaris. Els graus de justificació i/o demostració d'allò que s'explica, els tipus de problemes que es resolten, les graduacions de les dificultats, les formes d'avaluació, etc., són aspectes ben diferents si es miren des de secundària o des de la universitat. En llocs amb primers cursos generals (EUA, Canadà, Argentina...) l'enllaç amb secundària és menys conflictiu. Però quan ja el primer curs és totalment específic, la problemàtica docent és més elevada, i sorgeixen, aleshores, nous cursos de complements de formació o la revitalització un xic insòlita de les obsoletes «acadèmies» de preparació per als exàmens.

Potser el gran repte no és caure en el plor de «el nivell baixa», sinó fer el que calgui per garantir que «el nivell enllaça».

El repte d'ensenyar matemàtiques a distància

El món universitari a distància està vivint un creixement important, i hi conflueixen situacions ben diferenciades: ensenyaments tradicionals a distància per atendre grans demografies o dispersions geogràfiques (Índia, Xina, Austràlia...); ensenyaments tecnològicament avançats per atendre explosions immigratòries (Califòrnia) o noves demandes del món adult (Catalunya); ensenyaments oberts i/o de difusió «multimedial» (Anglaterra, Xina, Japó...), etc.

Molts d'aquests cursos a distància contenen unitats o mòduls de matemàtiques, en especial pel que fa referència a formació estadística, de bases per a l'economia, formació de professors, etc. Es dona el fet que

sent estudis especialment preparats i programats, sovint s'hi troben materials complets d'enorme interès també per a l'ensenyament presencial.

Aquestes formes d'ensenyament (a les quals s'hi veuran dedicades totes les universitats presencials expansionistes o mancades d'alumnes) obren nous reptes de didàctica i de comunicació i problemes nous com ara la formació d'adults que amplien estudis, una població estudiantina fins ara inèdita en l'ensenyament matemàtic superior.

L'ensenyament a distància també planteja reptes de competitivitat internacional, ja que les fronteres polítiques avui estan superades, i l'oferta de cursos provindrà d'arreu del món. Potser aquí, en aquest terreny de l'ensenyament a distància, és on tenim una gran possibilitat de solidaritzar-nos i d'ajudar a països amb problemes, posant informació i mitjans al seu abast allà on es troben. Ajudar no és només rebre becaris, sinó anar-hi o ajudar des d'on som.

...i en sabrem, d'assumir tots aquests reptes?

Aquest és, com a cloenda, el gran repte. El podríem resumir dient: arreu s'està acabant una època i se n'obre una de nova. Podem recloure'ns en les seguretats de la tradició o, al contrari, obrir nous horitzons. Els que estimem el món de les matemàtiques i de l'educació no hi podem renunciar. Els que vindran al darrere no ens perdonarien el no canvi. I el futur és d'ells.

Referències bibliogràfiques

- ALSINA, C.: «Why the professor must be a stimulating teacher. Towards a new paradigm of teaching mathematics at University level», a DEREK, et al., 1998.
- BALACHEF, N. i KAPUT, J.: «Computer-Based Learning Environments in Mathematics», a BISHOP, et al., capítol 13, 1996, pp. 469-501.
- BEGLE E. G.: *Critical variables in mathematics education*. Washington: Mathematical Association, 1979.
- BISHOP, A.; CLEMENTS, K.; KEITEL, C.; KILPATRICK, J. i LABORDE, C. (eds.): *International Handbook of Mathematics Education*. Vol. 1-2. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1996.
- BLIGH D.: *What's the use of lectures?* Harmondsworth: Penguin, 1972.

- BONNET, S. A. et al.: *Quels mathématiciens pour l'an 2000?* Paris: Association Cinquante Lycées, 1989.
- BRAUIN, J. J. i CASE, M.: «Reforming Scholarly Publishing in the Sciences: A Librarian Perspective», a *Notices AMS*, 45, 1998, pp. 475-486.
- CARRIER, G. F. et al.: «Applied Mathematics: What is Needed in Research and Education», a *SIAM Review*, 4, 1962, pp. 297-320.
- CLEMENTS, R. R. i WRIGHT, J. G.: «The use of guided reading in an Engineering Mathematics degree course», a *Int. J. Math. Educ. Sci. Techn.*, 14, 1983, pp. 95.
- COMAP: *Principles and Practice of Mathematics*. Nova York: Springer, 1997.
- COMMITTEE ON THE TEACHING OF UNDERGRADUATE MATHEMATICS: *College Mathematics: Suggestions on How to Teach it*. Washington, D.C.: Mathematics Association of America, 1979.
- DEREK, N. et al.: *Teaching Mathematics at University Level*. Singapore: Proc. ICMI Study, 1998.
- FREUDENTHAL H.: *Revising mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- HOWSON, G.: Teachers of mathematics. *Proceedings of the 7th International Congress on Mathematical Education*. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1994, pp. 9-26.
- HUNTLEY, I. D.: «Simulation - its role in a modelling course», a BERRY, J.S. et al. (ed): *Teaching and Applying Mathematical Modelling*. Ellis Horwood, 1984.
- KIRWAN, W. et al.: *Moving Beyond Myths*. Washington, D.C.: National Research Council. The National Academy of Sciences, 1991.
- KLINE, M.: *Why the professor can't teach mathematics and the dilemma of university education*. Nova York: St. Martin's Press, 1977.
- KRANTZ, S. G.: «How to teach mathematics, a personal perspective», a *American Mathematical Society*. 1993.
- LEWIS, L. S.: *Scaling the Ivory Tower*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1975.
- LIVESEY, H.: *The Professors*. Nova York: Charterhouse, 1975.
- MONSLEY, J. i SULLIVAN, P.: *Learning about teaching*. NCTM, 1998.
- NISS, M. (ed.): *Cases of Assessment in Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- NISS, M. (ed.): *Investigations into Assessment in Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- NISS, M. (ed.): «Goals of Mathematics Teaching», a BISHOP et al., capítol 1, 1996, pp. 11-47.
- NISS, M.: «Mathematics and Mathematics Education Research», a *Proceedings ICM98*, Berlin: University of Berlin Press, 1998.
- RILEY, R. W.: «The state of Mathematics Education: Building a Strong Foundation for the 21st Century», a *Notices AMS* 45, 1988, pp. 487-490.
- SIERPINSKA, A. i KILPATRICK, J. (eds.): *Mathematics Education as a Research Domain*. Vol. 1-2. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- STEEN, L. et. al.: *Everybody Counts*. Washington, D.C.: National Research Council, The National Academy of Sciences, 1989.

- TALL, D. (ed.): *Advanced Mathematical Thinking*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- WILSON, R. C. et. al.: *College Professors and Their Impact on Students*. Nova York: John Wiley and Sons, 1974.
- WITTMANN, E.: «Mathematics Education as a 'Design Science'», a *Educational Studies in Mathematics*, 29(4), 1995, pp. 355-374.

Paraules clau

Matemàtiques com a temàtica de servei

Educació universitària

Abstracts

En este artículo se formulan algunos retos para la enseñanza de las matemáticas, como materia de servicio, en el nivel universitario. Se abordan los siguientes retos: redefinir el papel de las matemáticas; el objetivo de la calidad educativa; la preparación del profesorado universitario; los cambios curriculares; los beneficios de la investigación educativa; el impacto tecnológico; las necesidades de innovación; el problema de la transición de secundaria a la universidad y las opciones de enseñanza a distancia.

Dans cet article, on établit certains défis qui se posent à l'enseignement des mathématiques, comme matière de service, au niveau universitaire. On y aborde les défis suivants: redéfinir le rôle des mathématiques; l'objectif de la qualité éducative; la préparation des professeurs d'université; les changements dans les programmes; les bénéfices de la recherche éducative; l'impact de la technologie; les besoins en innovations; le problème de la transition entre le secondaire et l'université et les options d'enseignement à distance.

In this paper we outline a number of goals for the teaching of mathematics within the university. We discuss the following challenges: redefining the role of mathematics; achieving quality in education; the training of university lecturers; changes in the curricula; benefits from educational research, technological impact, the conditions that have to be satisfied for innovation to take place, the problem of the transition from secondary to tertiary education and distance learning options.