

SOBRE EL SIGNIFICAT DEL CONCEPTE *MATEMÀTIQUES*: MATEMÀTIQUES PURES I MIXTES EN ELS SEGLES XVIII I XIX

Carles Puig-Pla

Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica. ETSEIB; Universitat Politècnica de Catalunya.

Paraules clau: *matemàtiques mixtes, instruments matemàtics, segle XVIII, segle XIX.*

About the meaning of the concept «Mathematics»: Pure and Mixed Mathematics in the XVIIIth and XIXth centuries

Summary: This paper emphasizes about the changing significance of the concept mathematics during the XVIIIth and XIXth centuries. They are significant differences from today's sciences classification and that of the past centuries. Subjects that now belong to the Physics or the Techniques were included into the concept «Mixed or Applied Mathematics» The knowledge of these wide and moving field associated with the word mathematics must be taken into account from historians of science to avoid anachronisms.

Key words: *mixed mathematics, mathematical instruments, XVIIIth century, and XIXth century.*

1. Introducció

Què és un matemàtic? Després de la professionalització i institucionalització d'una gran quantitat de disciplines científiques especialitzades que es va produir al llarg del segle XIX, avui en dia no ens resulta massa difícil de diferenciar un matemàtic d'un astrònom, d'un topògraf, d'un enginyer hidràulic, d'un fabricant d'instruments de mesura o d'un cartògraf. Tanmateix, en el passat, l'objecte de les matemàtiques o, si es vol, l'activitat dels que eren considerats matemàtics, no presentava exactament les mateixes característiques que actualment els hi atribuïm. El coneixement del significat i les connotacions històriques de la paraula *matemàtiques* o del qualificatiu de *matemàtic* i de tot allò que, potser implícitament, s'associava a aquest adjectiu, constitueix, sens dubte, un element que ha de tenir present l'historiador de la ciència per a no incórrer en anacronismes inconscients.

En aquest treball¹ només pretenc fer algunes consideracions, bàsicament centrades

1. El meu amic Antoni Roca em va suggerir fer aquest treball i li vull agrair la seva ajuda i orientacions.

en el període que abasta des de mitjan segle XVIII fins a mitjan segle XIX, que ajudin a emmarcar la significació de les matemàtiques i la seva consideració com una activitat plural dins la qual s'hi podien incloure disciplines que, si s'entenen des del punt de vista actual, poden semblar molt diferenciades d'aquella.

2. Les matemàtiques en el sistema figurat dels coneixements. Matemàtiques pures i matemàtiques mixtes

Francis Bacon (1561-1626) va fer una classificació de les ciències diferent de la divisió clàssica de les *set arts liberals*: gramàtica, dialèctica i retòrica (formant el *trivium*), aritmètica, geometria, astronomia i música (formant el *quadrivium*). En el segon llibre de *Of the Proficiency and Advancement of Learning*, publicat l'any 1605, presentava una classificació sistemàtica de les ciències que tornaria a reaparèixer en altres obres seves posteriors (Bacon, 1988). Referint-se a la matemàtica, deia que podia ser pura o mixta:

A la matemàtica pura pertanyen aquelles ciències que tracten la quantitat determinada, separada de tot axioma de la filosofia natural; i aquestes ciències són dues, la geometria i l'aritmètica; una s'ocupa de la quantitat contínua, i l'altra de la quantitat disjunta. La matemàtica mixta té per objecte certs axiomes o parts de la filosofia natural, i considera la quantitat determinada en tant que auxiliar i incident a aquests axiomes. Ja que moltes parts de la naturalesa no poden ser desvetllades amb suficient claredat, ni acomodades a l'ús amb suficient facilitat, si no és amb l'auxili i intervenció de la matemàtica: d'aquest tipus són la perspectiva, la música, l'astronomia, la cosmografia, l'arquitectura, l'enginyeria i diverses més.

Bacon ja predeia que, en relació a la matemàtica mixta, per força hauria d'haver-n'hi més classes «a mesura que la naturalesa anés sent desvetllada».

La classificació baconiana va ser recollida pels enciclopedistes. A l'*Explicació detallada del sistema dels coneixements humans*, que trobem al final del *Discours préliminaire* de l'*Encyclopédie*, Jean-Baptiste le Rond D'Alembert (1717—1783) feia una extensa classificació del coneixement humà basada, com havia fet Bacon, en les tres facultats principals de l'enteniment: la memòria, la raó i la imaginació. Aquesta classificació fonamentava una distribució general del coneixement en: «*història*, que és cosa de la memòria; *filosofia*, que emana de la raó; i *poesia*, que neix de la imaginació». La Ciència de la naturalesa —inclosa en la «filosofia o ciència»— es dividia en *física* i *matemàtica*. La física, en el sentit ampli que tenia a l'època, incloïa la *física general*, que estudiava les propietats generals comunes als cossos i es relacionava amb l'especulació intel·lectual i la *física particular*, que estudiava els cossos en ells mateixos; aquesta última es subdividia en zoologia, astronomia física, meteorologia, cosmologia, botànica, mineralogia i química, branques, gairebé totes, amb noves subdivisions en les que ara no entrarem.

Segons es reflecteix al *Discurs preliminar*, «la quantitat, objecte de les *matemàtiques*, podia ser estudiada o bé sola i independent dels individus reals i dels individus abstractes dels que se'n tenia coneixement, o bé en aquests individus reals i abstractes; o també en els seus efectes buscats segons causes reals o suposades». S'argumentava que aquest segon enfo-

cament havia donat lloc a la següent divisió: *matemàtiques pures*, *matemàtiques mixtes*, *fisicomatemàtiques* (D'Alembert, 1984, p. 141) (vegeu la taula 1).

La física general i experimental es diferenciava de les ciències fisicomatemàtiques en què aquelles es consideraven només un compendi raonat d'experiència i observacions, mentre que aquestes, «mitjançant l'aplicació dels càlculs matemàtics a l'experiència, dedueixen de vegades, a partir d'una sola i única observació, un gran nombre de conseqüències estretament lligades, a causa de la seva exactitud, a les veritats geomètriques».

Les matemàtiques constituïren el model de les ciències de la Il·lustració, i el matemàtic o «geòmetra», com llavors se'l denominava, va ser considerat el veritable model de científic (Mousnier; Labrousse, 1981, p. 31).

A començaments del segle XIX, concretament a partir de 1803, l'Académie des Sciences estava dividida en 11 seccions. No ha d'estranyar que a la divisió de *ciències matemàtiques* hi pertanyessin les cinc següents: (1) geometria; (2) mecànica; (3) astronomia; (4) geografia i navegació; (5) física general;² i a la divisió de *ciències físiques*: (6) química; (7) mineralogia; (8) botànica; (9) economia rural i art veterinari; (10) anatomia i zoologia; (11) medicina i cirurgia.

La classificació presentada per D'Alembert va servir de base on s'hi van introduir successives modificacions, i va ser objecte, també, de nombroses crítiques, les principals de les quals —segons Bouillet (1862)— provenien dels autors de l'*Encyclopédie*, d'Ersch i Gruber, de J. Bentham (*Essai sur la classification d'Art-et-Science*, París, 1823), d'Ampère (*Essai sur la philosophie des sciences, Exposition d'une classification nouvelle*, 1834), de Cournot (*Essai sur les fondements de nos connaissances*, 1852) i de A. Charma (*Une nouvelle classification des sciences*, 1850). En particular, l'*Enciclopedia española del siglo Diez y nueve* (1842, p. 48-50) també parla dels «errors» de Bacon i exposa la seva pròpia classificació dels coneixements.

3. La consideració plural dels continguts de les matemàtiques i l'expansió de les matemàtiques mixtes

Una obra de referència fonamental, ja a la seva època, relativa a la història de les matemàtiques, és l'*Histoire des mathématiques*, de Jean-Etienne Montucla (1725-1799). Va aparèixer l'any 1758 en dos volums i, a les darreries del segle, se'n va fer una nova edició en quatre volums (1799-1802) que Jérôme de Lalande va publicar i completar. En aquesta obra les matemàtiques són considerades com «la ciència de les relacions de magnitud o de nombre que poden tenir entre elles totes les coses que són susceptibles d'augment o disminució». Es divideixen en dues classes: una comprèn les que s'anomenen *pures* i *abstractes*, i l'altra les que s'anomenen *mixtes* o, més ordinàriament, *fisicomatemàtiques*. Les primeres consideren les propietats de la quantitat d'una manera abstracta, i «com que l'esperit percep dues espècies de magnituds, una de les quals consisteix en el nombre o la multitud i l'altra en l'espai o l'extensió», d'aquí neixen les dues branques principals de les matemàtiques pures: l'aritmètica i la geometria. Pel que fa a les matemàtiques mixtes, Montucla diu que no són altra cosa

2. L'any 1795 la secció s'anomenava *Física experimental*, però el 1803 es va passar a denominar *Física general*, perdent així l'èmfasi en l'experiment i implicant una aproximació més matemàtica (Crosland, 1992, p. 60 i 146-148).

que certes parts de la física, susceptibles, per la seva naturalesa, d'una aplicació especial de les matemàtiques abstractes.

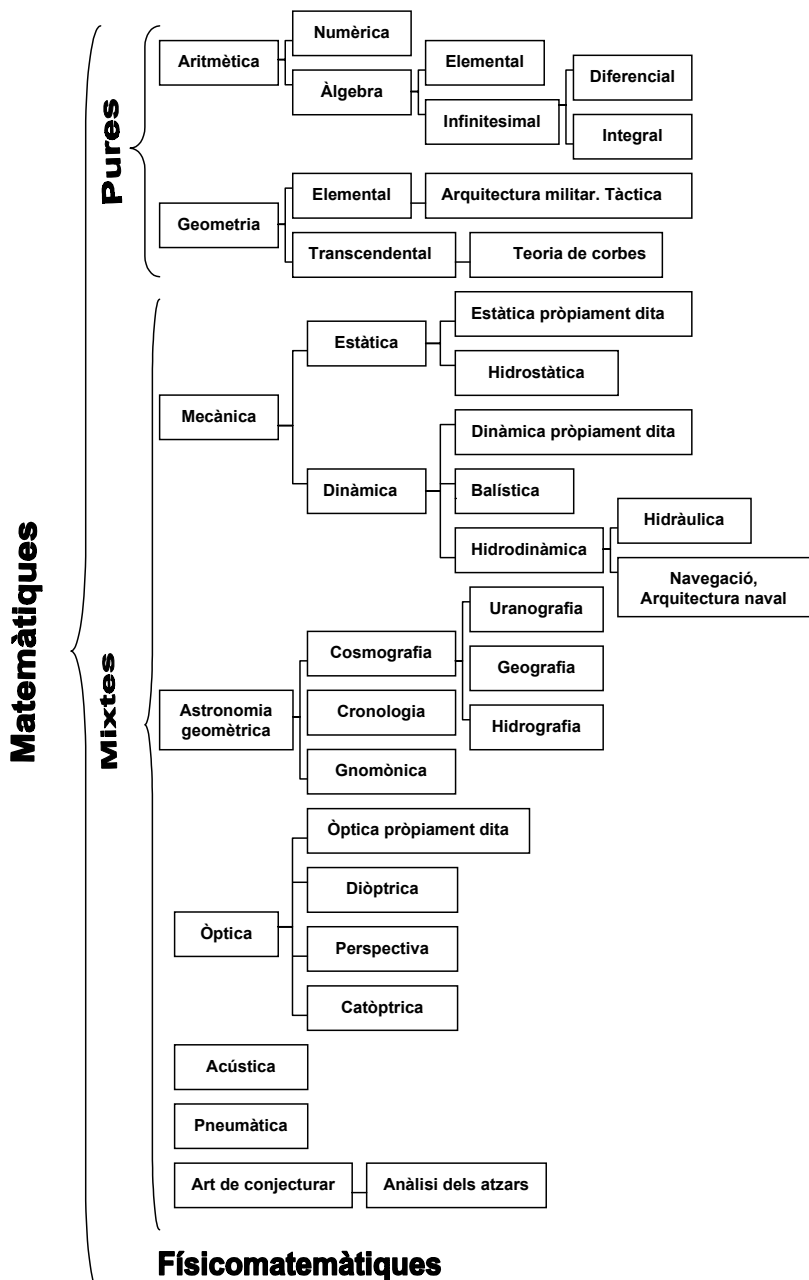
L'exemple de l'òptica permet a Montucla il·lustrar molt bé aquesta idea. L'òptica tracta dels efectes i de les propietats de la llum a partir de certs principis que redueixen aquesta consideració a la geometria pura. Primer, s'estableix que els raigs de llum es propaguen en línia recta, que aquests es reflecteixen fent els angles de reflexió iguals als d'incidència i que, en penetrar d'un medi a un altre de diferent densitat, se separen de la direcció original seguint una llei geomètrica. Un cop admesos aquests principis, el matemàtic ja no examina quina és la naturalesa de la llum o dels medis que travessa o que la reflecteixen, per a ell, els raigs no són més que línies rectes, i les superfícies reflectores o refringents, superfícies purament geomètriques de les quals només en considera la forma. És d'aquesta manera com determina el camí dels raigs de llum en els miralls o a través dels vidres òptics, els seus efectes sobre la vista, etc. No es pot negar, conclou Montucla, que aquestes recerques no siguin pròpiament competència de la física, però, en tant que barrejades íntimament i dependents de les matemàtiques abstractes, que li donen la certesa que les distingeix a si mateixes, són d'alguna manera elevades al rang de les matemàtiques, de les quals en formen la segona divisió. En aquest sentit, ocupen una mena de punt intermedi entre la física, «molt sovint envoltada d'incertesa i de tenebres» —segons Montucla— i les matemàtiques pures, d'una total claredat i evidència. Les matemàtiques mixtes gaudeixen d'una evidència hipotètica igual a la de les matemàtiques abstractes. Igual que Bacon, Montucla creu que el nombre de les matemàtiques mixtes no pot ser fixat i determinat com el de les abstractes. A mesura que la física vagi adquirint noves riqueses i s'asseguri de certs fets que li puguin servir de principis, les primeres guanyaran en extensió. Montucla considera que aquest és un procés històric que ve de lluny: «Els pitagòrics no van reconèixer més que quatre parts de les matemàtiques, dues d'abstractes i dues de mixtes. Les dues darreres van ser la música i l'astronomia [...]»

Quan l'any 1764 es va crear la Conferència Fisicomatemàtica Experimental de Barcelona, el seu primer president, Francesc Subiràs, en el discurs inaugural (Murúa, 1915, p. 143-185 i Nieto; Roca, 2000, p. 339-353) va fer referència a disciplines que podrien rebre la consideració de matemàtiques mixtes, segons el que acabem de veure:

Para conocer cuan útil sea la Physica a las Artes, baste reflexionar que las más de éstas son parte de la Physica, o aplicaciones particulares de la misma. La arquitectura, la perspectiva, la estatuaria, la gnomónica, la metalurgia, son la misma Physica combinada con las Mathematicas.

Tenim molts testimonis que manifesten explícitament que disciplines com les anteriors i d'altres es consideraven part de les matemàtiques. Així, per exemple, Alexandre Savérien (1720—1805), que ja havia estat autor l'any 1753 d'un *Diccionari universal de matemàtica i de física* (Savérien, 1753), va publicar el 1766 una *Història dels progressos de l'enteniment humà en les ciències exactes i en les arts que en depenen*, obra que Rubín de Celis va traduir al castellà l'any 1775. Rubín advertia que Savérien va escriure aquest tractat resumint la història progressiva de les matemàtiques i distingint-ne les parts: aritmètica, àlgebra, geometria, astronomia, gnomònica, cronologia, navegació, òptica, maquinària, hidràulica, acústica i música, geografia, arquitectura civil, arquitectura militar i arquitectura naval. I remarcava que «los que solo tengan instrucción en algunas partes de las matemáticas, adquirirán una noticia metódica de las que no han estudiado» (Savérien, 1775).

Classificació de les Matemàtiques a l'*Encyclopédie* D'Alembert, 1754



Taula 1. D'Alembert.

A la seva època, encara existia la idea que aquests estudis eren més curiosos que útils i, d'això, deia que en resultava un notable perjudici per al progrés de les ciències i el foment de les arts i les manufactures de tota mena: «pues todas ellas necesitan indispensablemente de las matemáticas para su perfección, y para la invención de las máquinas é instrumentos, que las facilitan. El acierto en los edificios, y obras públicas; su solidez y el cálculo de su verdadero coste, todo depende de sus cálculos, y reglas».

Savérien definia les ciències exactes com «les ciències que es fonamenten en principis evidents, que no tenen ambigüitat en els termes, i en les quals es demostra tot el que es proposa, fent servir únicament axiomes, o proposicions que, immediatament deduïts d'aquests, vénen a ser uns altres principis». Per ell, les ciències exactes «llamadas así porque todas son demostrables» són l'aritmètica, l'àlgebra, la geometria, l'astronomia, la gnomònica, la cronologia, la navegació, l'òptica, la maquinària i la hidràulica, i anomenava arts dependents d'aquestes ciències, perquè hi estaven fonamentades, a la música, la geografia, l'arquitectura civil, l'arquitectura militar i l'arquitectura naval (vegeu taula 2).

Parts de les Ciències exactes	Arts dependents de les ciències exactes
Aritmètica	Música
Àlgebra	Geografia
Geometria	Arquitectura civil
Astronomia	Arquitectura militar
Gnomònica	Arquitectura naval
Cronologia	
Navegació	
Òptica	
Maquinària	
Hidràulica	

Taula 2. Savérien.

Els avenços esdevinguts en la física i en les matemàtiques posteriors van fer que, a les darreries del segle, Savérien rebés crítiques, com les de Mathurin Jacques Brisson (1723-1806). En el seu *Diccionari*, Brisson (1796), fa un discurs preliminar on diu, entre moltes altres coses, que el *Diccionari* de Mr. Savérien és una obra més matemàtica que física, part que —segons ell— està molt mal tractada.

Benet Bails (1730-1797), director de Matemàtiques de la Real Academia de San Fernando, va escriure els *Elementos de Matemáticas*, el treball matemàtic de caràcter enciclopèdic més important publicat en castellà durant el segle XVIII. D'aquesta obra va fer-ne un extracte en els seus *Principios de Matematica*, publicat en tres volums. En el primer tractava de l'especulativa de la matemàtica o la *matemàtica pura* i, en els dos següents, de la *matemàtica mixta*, o l'aplicació de l'especulativa als diferents assumptes pràctics que abraça aquesta ciència. El títol complet ja ens indica els dominis d'aplicació: *Principios de Matemática, donde se enseña la especulativa con su aplicación a la Dinámica, Hydrodinámica, Óptica, Astronomía, Geografía, Gnomónica, Arquitectura, Perspectiva y al Calendario*. Bails va consi-

derar que, si bé tots els rams de la matemàtica mixta eren d'igual importància, n'hi havia alguns «de mayor consideración que otros, ya se atiende a la multitud de las cuestiones que les pertenecen, ya porque en ellos se fundan otros tratados de menor jerarquía», es referia a la dinàmica, la hidrodinàmica, l'òptica i l'astronomia (vegeu taula 3).

Matemàtica mixta (rams de major consideració)	Matemàtica mixta (d'altres rams)
Dinàmica Hidrodinàmica Òptica Astronomia	Geografia Gnomònica Arquitectura Perspectiva Calendari

Taula 3. Bails.

A les darreries del segle XVIII notem variacions en la consideració dels tres tipus generals de coneixement en la línia baconiana i enciclopedista (històric, filosòfic i poètic). Així, Sigaud de La Fond (1777) destaca en un lloc preferent el coneixement matemàtic, i diferencia tres espècies de coneixements: l'històric (coneixement dels cossos, de les seves propietats i dels seus fenòmens), el filosòfic (consisteix en la declaració i demostració de les causes, propietats i fenòmens que s'han descobert en els cossos) i el matemàtic («a partir del qual s'observa la intensitat de les causes, i tota l'extensió de les propietats i fenòmens i es determina allò que ha de seguir-se d'aquests descobriments»).

A la mateixa època, Brisson (1801, p. 385) anomena *matemàtiques* a totes les ciències que tenen per objecte les relacions de les magnituds, és a dir, que tracten de magnituds per descobrir la seva igualtat o desigualtat. «Per magnitud s'entén [...] tot el que es pot augmentar o disminuir. [...] així doncs, les línies, les superfícies, els sòlids, [...] el moviment, la velocitat, el temps, els pesos, etc., són magnituds, i per consegüent objecte de les matemàtiques».

La idea de les matemàtiques com la ciència que tracta de la quantitat (allò que pot augmentar i disminuir), o de les relacions i propietats de la quantitat, és la que trobem a finals del XVIII i primeres dècades del segle XIX en els principals textos de matemàtiques escrits en espanyol per autors tan rellevants com Jordi Juan, Vallejo, Císcar, etc., que consideren, naturalment, les matemàtiques mixtes o aplicades com a part de les matemàtiques. L'any 1810, Gergonne va començar a publicar, a Montpeller, la primera publicació periòdica exclusivament dedicada a les matemàtiques (pures i aplicades, és clar!): els *Annales de mathématiques pures et appliquées*, que es va seguir publicant fins el 1832 (Struik, 1981, p. 6-20).

A mitjan segle XIX, a França, Alexandre Montferrier, en el seu *Diccionari de les ciències matemàtiques pures i aplicades* (Montferrier, 1845), que era, de fet, un assaig, introduïa un canvi d'orientació tot divulgant les idees del corrent wronkista: «encara diversos matemàtics, confonent la ciència mateixa amb els objectes sobre els quals aquesta s'exerceix, pretenen vanament de fer-la davallar de l'alt rang que ocupa a la intel·ligència fins al dels coneixements pràctics, obtinguts per l'observació, i tancar-la tota sencera amb el seu poder uni-

versal en el cercle limitat d'un simple mètode empíric». En aquesta obra es posa de manifest la influència directa dels ensenyaments de l'École Polytechnique.³

Montferrier divideix les matemàtiques pures en dues branques principals: la que té per objecte els nombres i la que té per objecte l'extensió; aquesta darrera es coneix com a geometria, mentre que la ciència dels nombres, presa en la seva generalitat, es coneix com a àlgebra, tot i que alguns autors —diu— l'anomenen *aritmètica universal*, i d'altres *anàlisi*; també diu que s'ha proposat recentment donar-li el nom d'algorítmia, el qual, «en l'estat elevat on aquesta ciència ha estat portada avui en dia, sembla en efecte designar-la de la manera més convenient».

De fet, a l'entrada *Mathématiques* del seu *Diccionari*, les matemàtiques pures les divideix en dues branques, l'algorítmia, o ciència dels nombres, i la geometria, o ciència de l'extensió, subdividint la primera, al seu torn, en àlgebra, que té per objecte els nombres considerats en general o les *lleis dels nombres*, i aritmètica, l'objecte de la qual són els nombres considerats en particular o els *fets dels nombres*. Montferrier diu que el nom *matemàtiques* ja no s'usa més que en plural avui en dia, perquè les diverses parts de la ciència que designava a l'origen han rebut demarcacions precises o han esdevingut altres ciències particulars. També lloa el «més gran metafísic de la nostra època» —entenem que es refereix a Kant— que ha definit tan bé les matemàtiques com «la ciència de les lleis de l'espai i del temps» i, basant-se en aquesta definició o determinació de l'objecte de les matemàtiques, fa una classificació de les diverses branques. Així, si observem que les lleis de l'espai i del temps poden ser considerades en elles mateixes i en els fenòmens físics als quals s'apliquen, la consideració *in abstracto* d'aquestes lleis és l'objecte de les matemàtiques pures, i la seva consideració *in concreto* el de les matemàtiques aplicades.⁴

Pel que fa a les matemàtiques aplicades, Montferrier assenyala que la seva aplicació és universal i que han d'existir tantes branques diferents de matemàtiques aplicades com ciències diferents que del saber humà poden existir. A més, s'entén que aquestes ciències només adquiriran un grau més o menys gran de certesa en virtut d'aquesta aplicació i sempre que les seves lleis fonamentals es recolzin més o menys en lleis matemàtiques.

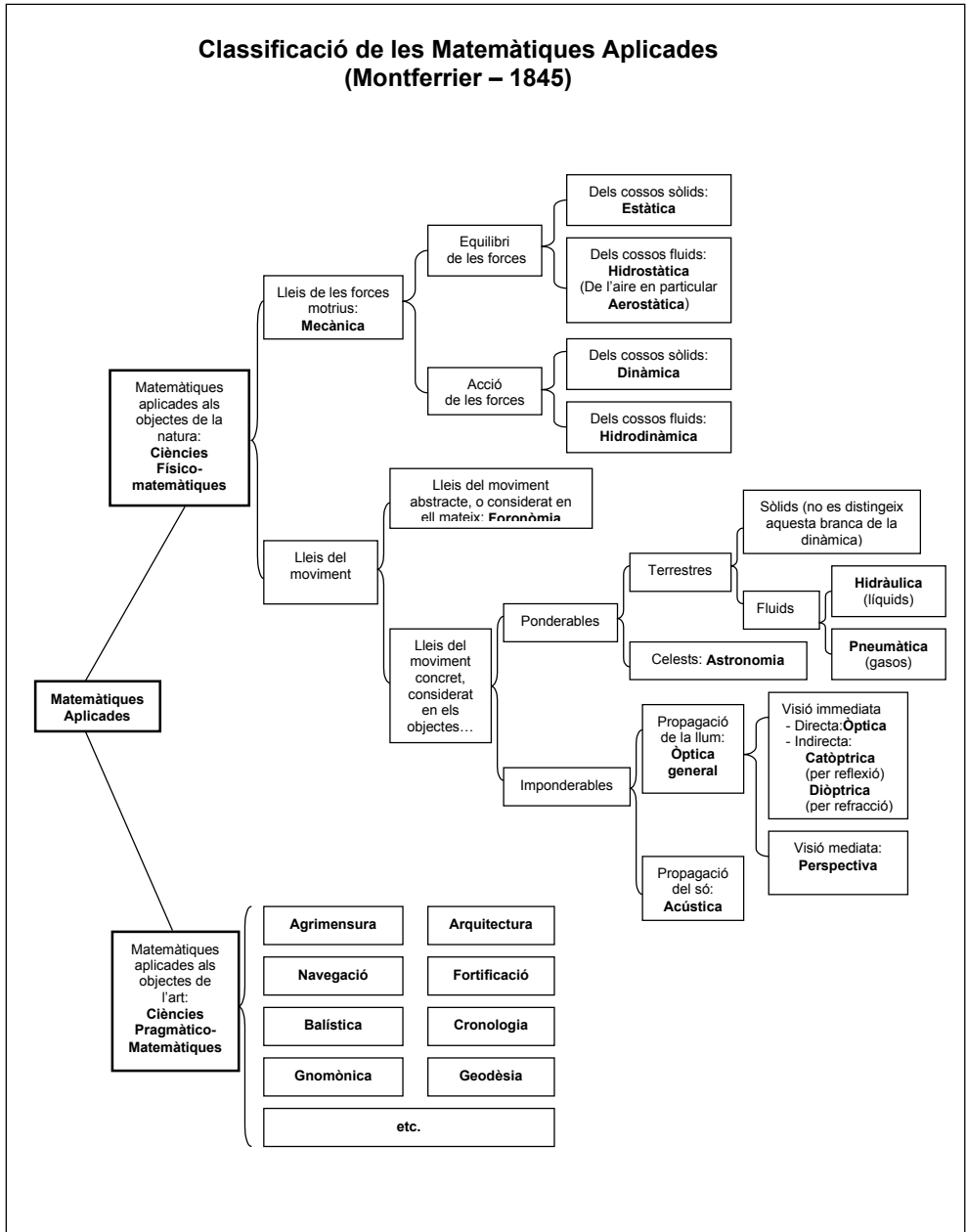
L'aplicació de les matemàtiques als objectes donats per la *natura* o per el conjunt de fenòmens físics forma les ciències anomenades *fisicomatemàtiques*, i l'aplicació als objectes de l'*art*, els produïts per l'acció de l'home, forma una classe de ciències que considera que es podria anomenar *pragmaticomatemàtiques*. De les ciències pragmaticomatemàtiques no podem establir-ne una classificació determinada perquè les diverses branques de l'aplicació de les matemàtiques a les arts, siguin físiques, siguin intel·lectuals, són tan indeterminades com ho són les arts. Les principals són: agrimensura, arquitectura, navegació, fortificació, balística, cronologia, gnomònica, geodèsia, etc. A la taula 4 resumim la classificació de les matemàtiques aplicades de Montferrier.

Aquesta diferenciació entre matemàtiques aplicades als objectes de la natura o als objectes de l'art, la retrobem a la veu *Matemáticas* de l'edició de 1859 del *Diccionario de la*

3. Inicialment va ser precisament un grup d'antics alumnes de l'École Polytechnique els que van decidir publicar el *Diccionari* a París, per Dénain et Delamare, entre 1835 i 1840, sota la direcció de Montferrier.

4. Al text consultat, de fet, hi diu que la consideració *in concreto* és l'objecte de les matemàtiques pures i que *in abstracto* ho és de les matemàtiques aplicades, però suposem que es tracta d'un error.

Classificació de les Matemàtiques Aplicades (Montferrier – 1845)



Taula 4. Montferrier.

Lengua Española, de Domínguez (1859), on la defineix com la ciència que tracta de la quantitat i del càlcul o de les diferents formes de mesurar-la:

Los griegos comprendían bajo este nombre la reunión de todos los conocimientos exactos que poseían [...] Divídense en puras y mistas [*sic*] ó aplicadas: las primeras comprenden el número y la extensión [*sic*] de la aritmética y la geometría, pero son mistas cuando se aplican á objetos de la naturaleza ó a las artes. Aplicadas a los objetos de la naturaleza, reciben el nombre de físico-matemáticas, y abrazan los numerosos ramos de la física, la estática y la dinámica, la aéreostática [*sic*] y la aérodinámica [*sic*], la idráulica [*sic*], la óptica, la acústica, la electricidad, etc. Aplicadas á los objetos de que se ocupa el arte, pertenecen [*sic*] á ella la agrimensura, la arquitectura, la gnomónica, la cristalografía, la geodesia, etc.

Matemàtiques pures	Matemàtiques mixtes	
	Aplicades a objectes de la natura	Aplicades a objectes de l'art
<i>Aritmètica</i>	<i>Estàtica</i>	<i>Agrimensura</i>
	<i>Dinàmica</i>	<i>Arquitectura</i>
	<i>Aerostàtica</i>	<i>Gnomònica</i>
<i>Geometria</i>	<i>Aerodinàmica</i>	<i>Cristal·lografia</i>
	<i>Hidràulica</i>	<i>Geodèsia</i>
	<i>Òptica</i>	<i>etc.</i>
	<i>Acústica</i>	
	<i>Electricitat</i>	
	<i>etc.</i>	

Taula 5. Domínguez.

Domínguez considera, doncs, que les matemàtiques tenen per objecte totes les propietats de la matèria, tot allò que és susceptible d'augment o de disminució. Observem (vegeu taula 5) que inclou noves disciplines que han rebut un tractament matemàtic i que es consideren, per tant, part de la matemàtica mixta, com ara són l'electricitat o la cristal·lografia.

L'any 1862, Marie-Antoine Bouillet, autor d'un *Diccionari universal de la ciència, les lletres i les arts*, moltes vegades reeditat, presentava una divisió de les ciències que, segons deia, «sense pretendre un gran rigor és més simple i més conforme a les divisions establertes per l'ús i consagrades en els tractats de Bibliografia». En aquesta classificació, considerava cinc grups principals: 1) ciències metafísiques i morals; 2) ciències històriques; 3) ciències matemàtiques, 4) ciències físiques i naturals; 5) ciències ocultes o falses ciències. Pel que fa a les ciències matemàtiques i a les ciències físiques i naturals, establia les subdivisions que segueixen:

CIÈNCIES MATEMÀTIQUES:

Matemàtiques pures: aritmètica, àlgebra, geometria.

Matemàtiques aplicades: mecànica, astronomia, navegació, art militar, enginyeria, construcció naval, construcció de camins, canals i ports, de ferrocarrils, etc.; metrologia.

CIÈNCIES FÍSiques I NATURALS

Física: òptica, acústica, calòric, electricitat, magnetisme, meteorologia, etc.

Química: química inorgànica, química orgànica.

Història natural: mineralogia, geologia, botànica, zoologia, antropologia, anatomia comparada.

Ciències mèdiques: anatomia i fisiologia humanes, medicina, patologia, higiene, terapèutica, cirurgia, farmàcia, art veterinari.

Podem adonar-nos de les diferències amb anteriors classificacions. En aquesta s'ha incorporat la construcció de ferrocarrils a les matemàtiques aplicades, mentre que, per exemple, l'electricitat, l'òptica i l'acústica es veuen com a parts de la física. Disciplines com ara l'òptica o l'acústica, considerades *físiques* en aquesta divisió de les ciències continuen classificant-se com a *matemàtiques aplicades* a la veu *Matemàtiques*, i això dins el *mateix Diccionari*. Probablement la classificació i la veu *Matemàtiques* corresponen a autors diferents,⁵ en qualsevol cas, això és una mostra més que la frontera és bellugadissa en la consideració de les

Matemàtiques Aplicades (Sonnet, 1867)	
Arquitectura	Geodèsia
Aritmètica aplicada o comercial	Geometria descriptiva
Agrimensura	Geometria aplicada
Artilleria	Relotgeria
Banca	Hidràulica i mecànica de gasos
Fusteria	Hidrostàtica
Ferrocarrils	Mecànica aplicada
Construcció naval	Mecànica general
Construccions civils	Navegació
Cosmografia	Probabilitats
Tall de pedres	Topografia
Establiments de previsió	Treballs públics
Fortificació	

Taula 6. Sonnet

5. El *Diccionari universal de les ciències, les lletres i les arts*, de Bouillet, va comptar amb molts col·laboradors. La part corresponent a les ciències físiques i matemàtiques i la de les arts industrials «que en són l'aplicació» es va encomanar a Ch. Gerhardt, doctor en ciències i professor de química a la Facultat de Ciències d'Estrasburg.

disciplines de l'època, que trobem aquí reflectida en un mateix text. Si ara anem a la veu *Fisicomatemàtiques*, trobarem com a definició «ciències que tenen relació al mateix temps amb la física i amb les matemàtiques, en les quals, reunint l'observació i l'experiència al càlcul matemàtic, s'aplica el càlcul als fenòmens de la natura: la mecànica, l'estàtica,⁶ la hidràulica, l'òptica, etc., són ciències fisicomatemàtiques» (Bouillet, 1862, p. 1274).

Què s'entenia, doncs, per matemàtiques mixtes o matemàtiques aplicades? Com deia Sonnet (1867), autor precisament d'un *Diccionari de matemàtiques aplicades*, «es designa sota el nom de matemàtiques aplicades un conjunt de coneixements que és més fàcil d'enumerar que de reunir sota una definició precisa».

Sonnet considerava que el *Diccionari* de Montferrier no abordava més que un nombre molt petit de qüestions relatives a les aplicacions, i que les tractava, en general, per mètodes que a ell li semblaven antiquats. Tot i que el *Diccionari* de Sonnet està estructurat seguint l'ordre alfabètic, conté un índex dels articles per ordre de matèries, les quals agrupen les diverses entrades segons diferents camps d'aplicació. Això permet enumerar aquell conjunt de coneixements que Sonnet designava sota el nom de *matemàtiques aplicades* que es mostren a la taula 6.

Es pot veure que la consideració de *matemàtiques aplicades* se centra pràcticament en el que s'havia denominat *matemàtiques mixtes aplicades a objectes de l'art*, el que podríem anomenar *aplicacions tècniques i de la vida pràctica*, deixant gairebé de banda les matemàtiques mixtes aplicades als objectes de la natura. Aquestes es consideraran part de la física.

Així, a l'*Enciclopèdia* publicada a la dècada dels vuitanta per l'enginyer de mines Friedrich Gillman, es diferencia entre la *física pura* o abstracta, que indaga les lleis naturals per elles mateixes, i la *física aplicada*, que es val de les lleis reconegudes per explicar els múltiples fenòmens de la naturalesa i que abraça l'astronomia física o mecànica celeste, l'astrofísica, la geografia física i la meteorologia. La física pura la dividia així (Gillman, 1884, p. 7-8):

Física de la matèria:

La *mecànica* o ensenyament de l'equilibri i moviment dels cossos, és a dir, l'estàtica i la dinàmica, respecte als sòlids; la hidrostàtica i la hidrodinàmica, respecte als líquids i l'aerostàtica i l'aerodinàmica, respecte als gasos.

L'*acústica*, o ensenyament del so, que pot mirar-se com la transició entre la física de la matèria i la física de l'èter.

Física de l'èter:

L'*òptica*, que tracta de la llum i els fenòmens de la visió.

La *tèrmica*, o ensenyament del calor.

El *magnetisme* i l'*electricitat*. Aquestes dues darreres disciplines, d'acord amb els coneixements més recents, constitueixen realment una sola divisió de la física.

Per tant, formalment, ja s'havia produït una transformació en què s'abandonava la

6. A l'original hi diu *Statistique*, és a dir, *estadística*, però sembla que es tracta més aviat d'un error tipogràfic.

categoria de matemàtiques mixtes aplicades als objectes de la natura per parlar, simplement, de física pura.

4. Matemàtica pràctica. Constructors d'instruments i *practicants* de la matemàtica

Als segles XVI i XVII las matemàtiques van tenir un destacat vessant pràctic, sobretot en l'art de la navegació i en l'arquitectura civil i militar. Durant el segle XVII, a l'Europa occidental la física es va seguir ensenyant en llatí a les escoles com a part de la filosofia especulativa, mentre que les matemàtiques, disciplina pràctica amb aplicacions en la seva major part militars, s'ensenyaven en llengua vernacla (Hankins, 1988, p. 50). A mitjan segle XVIII, a Espanya, les matemàtiques eren considerades encara com quelcom vinculat a les arts militars. L'any 1715 s'havia creat a Barcelona l'Acadèmia Militar de Matemàtiques (Capel *et al*, 1988) i, gairebé seixanta anys després, Francesc Subiràs, en el discurs inaugural de la Conferència Fisicomatemàtica (ja esmentat abans), comentava que «las Matemáticas se miran como a Ciencia particular de la Milicia».

Felip II va fundar una acadèmia de matemàtiques sota la direcció de Juan Bautista Labaña, que inicià els seus ensenyaments l'any 1583. Aquesta acadèmia va continuar les seves activitats fins molt entrat el segle XVII. Gràcies al testimoni de Vicencio Carducho, que va visitar l'escola cap al 1630 (Fernández Navarrete, 1846, p. 236-237), sabem que aquesta disposava d'instruments matemàtics amb els quals no només s'ensenyaven aquelles ciències, sinó també la seva aplicació a l'artilleria i a d'altres matèries. Els deixebles que en sortien «prometían ser de mucho fruto para la geografía, cosmografía y astronomía, y de gran importancia para la navegacion y para todo género de guerras». L'ensenyament, diu Fernández Navarrete, no es limitava «á puras abstracciones y teorías, pues en el patio de la misma casa habia culebrinas y cañones de todas clases, con artilleros y fundidores que reconocían sus metales, cureñas, balas, y demás pertrechos, para la instrucción práctica que recibían ...»

Vint anys després de les consideracions de Carducho, a Anglaterra John Pell publicava la seva *Idea matheseos*, on suggeria la fundació d'una biblioteca de matemàtiques pública que recollís no només tots els llibres de matemàtiques, sinó també cada instrument matemàtic (Schneider, 1981). Però, quin era el significat d'un instrument qualificat de «matemàtic»?

En el catàleg d'objectes pertanyents a la Royal Society, publicat l'any 1681, Nehemiah Grew distingia entre «instruments relacionats amb la filosofia natural» i «coses relacionades amb les matemàtiques». A mitjan segle XVII, ja es parlava de «models i aparells filosòfics». Els *Instruments filosòfics* eren les eines de la nova filosofia natural experimental. Els *Instruments matemàtics* eren les eines de les matemàtiques mixtes, usades per pesar, mesurar, o, dit d'una altra manera, per associar nombres a objectes de la natura o de les arts.

Així, els nous aparells i experiments del segle XVIII, particularment els elèctrics, no van convertir de seguida la física experimental en una ciència quantitativa perquè varen ser dissenyats per a crear fenòmens i no per a mesurar-los, de manera que correspondrien a instruments filosòfics. La importància de les matemàtiques per a la física experimental va ser objecte de debat. Diderot, Buffon i Franklin van condemnar l'ús excessiu de les matemàtiques en la física perquè apartaven el científic de la naturalesa i el conduïen cap a una falsa dependència de les formes abstractes (Hankins, 1988, p. 51 i 54).

La definició de Grews d'*instruments matemàtics* reflecteix, com assenyala Deborah Warner, l'àmplia definició de *matemàtiques*, de la qual ja hem parlat, especialment pel que fa referència a les matemàtiques mixtes: astronomia, òptica, estàtica, topografia, navegació o fortificació (Warner, 1994).

A començaments del segle XVII, podíem trobar que, a la Universitat, aquells que volien dedicar-se a activitats professionals en l'Estat, l'Església o la Medicina, havien de completar un curs d'estudi a la Facultat d'Arts, que incloïa instrucció en matemàtiques elementals. Fora de la Universitat existien grups de *mestres de càlcul*, parcialment organitzats en gremis, que transmetien el coneixement de tècniques bàsiques necessari per als càlculs mercantils. Però, a més, a començaments de l'època moderna va emergir un tercer grup, els *practicants de la matemàtica*, que varen tenir competències en àrees com la geodèsia, fortificació, astronomia, artilleria, navegació, i la producció d'instruments adequats per a aquestes activitats. Les matemàtiques involucrades en aquests tres grups de *matemàtics* no constituïen una ciència, sinó un art. Es tractava, com diu Schneider (1981, p. 93-94), d'un coneixement estàtic, un repertori fix de tècniques per a ser usades i aplicades a situacions concretes establertes. Va ser la idea de recerca la que obriria les matemàtiques a un camp més dinàmic.

Al darrer quart del segle XVIII podem trobar publicacions específicament adreçades als artistes que es dedicaven a construir instruments matemàtics, mostrant-los, per exemple, nous mètodes per perfeccionar la divisió dels instruments de matemàtiques i d'astronomia, fent servir la precisió de moviments mecànics, així com també els augments que poden proporcionar els instruments òptics en comptes de fonamentar-se només en l'agudesia visual i la destresa de la mà (Bertrand, 1781, p. 411-454).

A les darreries del segle XVIII, els fabricants londinencs d'instruments londinencs van aconseguir una posició de preeminència internacional en la fabricació d'instruments matemàtics, les branques més importants dels quals van ser l'astronomia, la navegació i la topografia. Entre aquest constructors de primera fila s'hi trobaven Sisson, Graham, Bird, Ramsden, Troughton, Short i Dollond, tots matemàtics londinencs (Bennett, 1985). Sabem, per exemple, que el 1754 l'Acadèmia Militar de Matemàtiques de Barcelona va encarregar al destacat fabricant anglès George Adams la construcció d'instruments matemàtics per encàrrec de Jordi Juan (Puig-Pla, 2000).

Pel que fa a la construcció d'artefactes i instruments i la seva relació amb les matemàtiques, en el discurs inaugural de la Conferència Fisicomatemàtica Experimental de Barcelona, pronunciat l'any 1764, Subiràs afirmava: «La construcció de molinos, tornos, telares, relojes, etc., vidrios ópticos, instrumentos astronómicos, músicos, hidrostáticos y de cuantas máquinas se sirve el artesano, ¿qué son sino obras reguladas por las Leyes de la Phisica Matemática experimental?...»

Més endavant (1770), la Conferència va esdevenir Reial Acadèmia de Ciències Naturals i Arts, i destacats artesans, fabricants d'instruments, aconseguiren el reconeixement d'acadèmics (Puig-Pla, 1999).

Tanmateix, cap al 1840 va esdevenir virtualment impossible poder identificar els *practicants de la matemàtica* com un grup professional diferenciat. Bàsicament, la pràctica matemàtica, des del segle XVI, havia consistit en l'aplicació de la geometria a les habilitats tècniques i assumptes quotidians —la mesura del temps i el calendari, la mesura i l'agrimensura, l'artilleria i la fortificació, l'arquitectura i la navegació. Els fabricants d'instruments va-

ren ser no només constructors, sinó també dissenyadors, usuaris i instructors, a més d'escriptors i professors de matemàtiques.

Durant el segle XVII, quan les tècniques van esdevenir cada cop més refinades i va augmentar l'especialització, les categories d'aquests *practicants* es van anar diferenciant. Va haver-hi astrònoms, agrimensors, enginyers militars, calculadors de taules, navegants, professors, instructors. Tanmateix, tots van estar estretament lligats als constructors d'instruments: hi va haver un intercanvi d'idees sobre els nous dissenys i els nous mètodes en termes d'igualtat. Durant el segle XVIII, destacats fabricants d'instruments varen tenir la possibilitat de pertànyer a la Royal Society i equiparar-se amb d'altres homes de ciència. Però a l'any 1840 aquesta situació havia canviat. El científic havia desaparegut dins el laboratori, l'artesà dins la fàbrica, el professor privat havia esdevingut professor d'una institució, els millors topògrafs estaven a l'exèrcit o a l'armada. Tots formaven part de societats, i el treball de la majoria era anònim.⁷

Al llarg del segle XIX, l'increment de l'activitat científica va conduir a la professionalització i a la institucionalització. Només a França es varen fundar més de vint societats científiques especialitzades. La consolidació de noves disciplines científiques, juntament amb l'establiment dels fonaments de les matemàtiques, va conduir a l'abandonament de la idea de *les matemàtiques aplicades* que seria substituïda per la idea de *l'aplicació de les matemàtiques*.

5. Consideracions finals: de les matemàtiques aplicades a l'aplicació de les matemàtiques

L'Encyclopédie des Sciences Mathématiques pures et appliquées es va publicar sota els auspicis de les acadèmies de ciències de Göttingen, Leipzig, Munic i Viena. L'edició francesa es va redactar i publicar des del 1904, sota la direcció de Jules Molk, professor de la Universitat de Nancy, que va ser-ne el director general fins a la seva mort, l'any 1914. S'hi exposaren els resultats adquirits en les diverses branques de la ciència matemàtica i el desenvolupament dels mètodes propis de cadascuna d'aquelles. A l'*avis* del primer fascicle ja es dibuixava la mútua relació entre matemàtiques i científics o enginyers:

Per a les matemàtiques pures, s'insistirà en les definicions i en l'encadenament de les teories, sense donar demostracions. Per a les aplicacions de les matemàtiques, s'exposaran les diverses ciències tècniques amb llargs desenvolupaments, de manera que el matemàtic podrà fàcilment prendre consciència de les qüestions de ciència pura que ell haurà de tractar; l'astrònom, el físic, l'enginyer podran, ells també, dirigir-se a les solucions dels problemes que els interessin.

L'edició estava estructurada en set toms, cadascun dels quals comprenia tres o quatre volums. Els tres primers estaven dedicats a les matemàtiques pures (àlgebra, geometria, anàlisi), i, la resta, a les aplicacions de la matemàtica (cinemàtica, mecanismes, estàtica gràfi-

7. He transcrit part de la citació d'Eva Taylor a *Instruments Makers in Hanoverian England*, feta per Anderson (1985, p. 2).

ca, aparells físics (els més simples), hidràulica, elasticitat, mesura, atomística, estereoquímica, dibuix de cristalls, principis físics de l'electricitat: acció a distància, principis físics de l'òptica: antigues teories, electrostàtica i magnetostàtica, triangulació geodèsica, mesura de bases i anivellament, desviació de la vertical, fotogrametria, marees oceàniques i marees internes, rellotges i cronòmetres, mesura dels angles).

Podríem dir que l'enfocament general d'aquesta enciclopèdia mostra una visió força «actual», segons el que entenem avui dia quan ens referim a les matemàtiques (pures) i a les seves aplicacions. Tanmateix, al llarg de la història, igual que les paraules *filosofia* o *física*, el concepte de *matemàtiques* o la qualificació de *matemàtic* aplicat a una persona, una activitat, una institució o, fins i tot, a un objecte (com ara un instrument), no ha tingut sempre, com hem vist, el mateix abast i la mateixa connotació.

La ciència del segle XVIII no estava organitzada segons les línies divisòries suggerides per les disciplines científiques modernes. Gran part del que ara anomenariem física eren matemàtiques mixtes. La progressiva matematització de diferents camps del coneixement va anar incorporant noves disciplines a les matemàtiques mixtes. Com hem vist, el que es considerava com a *matemàtiques mixtes aplicades als objectes de la natura* va esdevenir física pura. A mesura que va anar augmentant el subjecte d'estudi es va fer necessari tractar separatament diverses disciplines, i també diverses branques de les matemàtiques pures. Es va abandonar la categoria de matemàtiques mixtes i es va parlar, més aviat, de l'aplicació de les matemàtiques. W. Rouse Ball (1906), a la seva *Histoire des Mathématiques*, deia: «Els desenvolupaments a la darrera meitat del segle XIX de les matemàtiques pures i l'aplicació de les matemàtiques als problemes físics obren un nou període que ultrapassa els límits de la nostra obra».

Avui dia tornem a parlar de *matemàtiques aplicades*, però des d'una perspectiva diferent. A les universitats trobem departaments de matemàtiques aplicades, els quals volen posar l'accent en una recerca matemàtica (pura) vinculada a camps d'aplicació científicotècnics, la qual cosa fa que els matemàtics treballin sovint amb grups multidisciplinars. En un acte de celebració de l'Any Mundial de les Matemàtiques, el que fou el primer degà de la Facultat de Matemàtiques de la Universitat Politècnica de Catalunya, Joan Solà-Morales, va fer un parlament al Paranimf de la Universitat de Barcelona (7/III/2000) en el que remarcava que «una de les característiques més importants de la matemàtica és que no té un sector [d'activitat econòmica] específic d'aplicació, però que és present, i de forma destacada, a tot arreu [...] els físics, els enginyers de telecomunicacions, els informàtics, els químics, els biòlegs i biotecnòlegs, els economistes, els geògrafs, els sociòlegs són avui dia usuaris directes i indirectes de la matemàtica, i precisament d'una matemàtica que no és pas senzilla» (Solà-Morales, 2000). Aquesta progressiva matematització de disciplines, que permet qualificar-les de científiques, és l'herència directa de la gran embranzida que, en aquest sentit, es va produir al llarg dels segles XVIII i XIX.

En aquest treball no he pretès establir cap definició de matemàtiques. Com ja advertia Francisco Vera (1967, p. 427-28) referint-se a la matemàtica, són moltes les definicions que hi ha als llibres i manuals, però totes són fatalment defectuoses perquè les idees generals es presten malament a la definició. El mateix Vera, però, assenyalava que hi havia «un oblit de l'origen experimental de l'anomenada *ciència exacta*, un origen que s'ha anat oblidant a mesura que evolucionava per successives abstraccions, fins al punt que avui sembla no tenir altre aspecte que el purament lògic i formal». El que he pretès aquí és precisament remarcar

que el significat que va tenir el concepte *matemàtiques* i les seves connotacions va ser diferent de les que actualment li podem atribuir, i que això, indefugiblement, cal tenir-ho present per evitar anacronismes.

Vull acabar fent una crida a la prudència amb què cal llegir el que acabo d'escriure i, en aquest sentit, recordo les conegudes paraules de Bertrand Russell: «la matemàtica és l'única ciència de la que mai sabem de què parlem ni si el que diem és cert» (Vera, 1967, p. 428; Bergamini, 1969, p. 9; Bouvier; Gorge, 1979, p. 459).

Bibliografía

- ANDERSON, R. G. W. (1985), «Were scientific instruments in the nineteenth century different? Some initial considerations». A: DE CLERCQ, P. R. (ed.) *Nineteenth—Century Scientific Instruments and their Makers*, Leiden-Amsterdam, Rodopi, p. 1-12.
- BACON, F. (1988), *El avance del saber*, Madrid, Alianza Editorial, [introducció d'Alberto Elena].
- BAILS, B. (1772—1776, 1783), *Elementos de Matemáticas*, Madrid, Joachim Ibarra, (10 vol.).
- BAILS, B. (1775—76), *Principios de Matematica, donde se enseña la especulativa con su aplicación a la Dinámica, Hydrodinámica, Óptica, Astronomía, Geografía, Gnomónica, Arquitectura, Perspectiva y al Calendario*, Madrid, Joachin Ibarra Impresor de Cámara de S.M. (Toms I, II i III).
- BALL, W. R. (1906), *Histoire des Mathématiques*, París, Librairie Scientifique A. Hermann [edició francesa revisada i augmentada; traduïda de la tercera edició anglesa per L. Freund].
- BENNETT, J. A. (1985), «Instrument makers and the 'Decline of Science in England': the effects of institutional change on the élite makers of the early nineteenth century». A: DE CLERCQ, P. R. (ed.) *Nineteenth-Century Scientific Instruments and their Makers*, Leiden-Amsterdam, Rodopi, p. 13-27.
- BERGAMINI, D. (1969), *Mathematics*, Nova York, Time-Life Books.
- BERTRAND, J. E. (1781), *Descriptions des Arts et Métiers faites ou approuvées par messieurs de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, Neuchatel, De l'Imprimerie de la Société Typographique [«Nouvelle méthode pour diviser les instruments de mathématique et d'astronomie», XVIII, p. 411-454].
- BOUILLET, N. (1862), *Dictionnaire universel des Sciences, des Lettres et des Arts*, París, Librairie Hachette et Cie [6ª edició, revisada i corregida (la 1ª edició és de 1854)].
- BOUVIER, A.; GORGE, M. (1979), *Dictionnaire des Mathématiques*, París, Presses Universitaires de France.
- BRISSON, (1796), *Diccionario universal de Física*, Madrid, Imprenta de Benito Cano.
- BRISSON, (1801), *Diccionario universal de Física*, Madrid, Imprenta Real, Tom VI.
- CAPEL, H.; SÁNCHEZ, J. E. ; MONCADA, O. (1988), *De Palas a Minerva*, Barcelona, Serbal / CSIC.
- CROSLAND, M. (1992), *Science under control. The French Academy of Sciences 1795—1914*, Cambridge, Cambridge University Press.
- D'ALEMBERT, (1984), *Discurso preliminar de la Enciclopedia*, Barcelona, Orbis [traducció espanyola de Consuelo Berges del *Discours préliminaire...1751—57*].

DOMÍNGUEZ, R. J. (1859), *Diccionario nacional ó gran diccionario clásico de la lengua española*, Madrid-París, Mellado editor [7ª edició].

ENCICLOPEDIA (1842), *Enciclopedia española del siglo Diez y nueve, o biblioteca completa de Ciencias, literatura, artes, oficios &c por una sociedad de literatos españoles y de hombres especiales de diversas ciencias y profesiones*, Madrid, Boix editor, vol. 1.

FERNÁNDEZ NAVARRETE, M. (1846), *Disertación sobre la Historia de la Náutica y de las Ciencias Matemáticas*, Madrid, Imprenta de la viuda de Calero.

GILLMAN, F. (1884), *Enciclopedia Popular Ilustrada de Ciencias y Artes*, Madrid, Gras y Cía, vol. 3.

HANKINS, T. L. (1988), *Ciencia e Ilustración*, Madrid, Siglo XXI.

MONTFERRIER, A. S. (1845), *Dictionnaire des Sciences Mathématiques pures et appliquées*, París, Chez L. Hachette, Libraire de l'Université de France, 3 toms, [2ª edició].

MONTUCLA, J. F. (1799—1802), *Histoire des Mathématiques*, París, Chez Henri Agasse (4 vol.).

MOUSNIER, R.; LABROUSSE, E. (1981), «El siglo XVIII. Revolución intelectual, técnica y política (1715—1815)». A: Maurice Crouzet (dir.) *Historia general de las civilizaciones. El siglo XVIII*, Barcelona, Ediciones Destino [Destinolibro, vol. 114]

MURÚA, A. (1915), «Discurso-Resumen acerca de la Historia de la 'Real Academia de Ciencias y Artes' compuesto y leído con motivo del 150 aniversario de su fundación». A: Bofill A. (comp.) (1915), *Fiestas científicas celebradas con motivo del CL aniversario de la fundación de la Real Academia de Ciencias y Artes*, Barcelona, Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

NIETO, A.; ROCA, A. (coords.) (2000), *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII i XIX*, Barcelona, Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona / Institut d'Estudis Catalans.

PUIG-PLA, C. (1999), «From the Academic Endorsement of the Mechanical Arts to the Introduction of the teaching of Machinery in Catalonia (Spain) (1767—1831)», *Icon*, 5, p. 20-39.

PUIG-PLA, C. (2000), «Desarrollo y difusión de la construcción de máquinas e instrumentos científicos: el caso de Barcelona, siglos XVIII—XIX», *Scripta Nova* [Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona] 69 (8).

SAVÉRIEN, A. (1753), *Dictionnaire universel de mathématique et de physique: ou l'on traite de l'origine, du progrès de ces deux sciences & des arts qui en dépendent, & des diverses révolutions qui leur sont arrivées jusqu'à notre tems: avec l'exposition de leurs principes & l'analyse des sentimens des plus célèbres auteurs sur chaque matiere par Monsieur Saverien*, París, chez Jacques Rollin (2 vol.).

SAVÉRIEN, A. (1775), *Historia de los progresos del entendimiento humano en las ciencias exactas y en las artes que dependen de ella*, Madrid, Imprenta de D. Antonio de Sancha, [traducció al castellà de Manuel Rubín de Celis].

SCHNEIDER, I. (1981), «Forms of professional activity in Mathematics before the Nineteenth century». A: MEHRTENS, H.; BOS, H.; SCHNEIDER, I. (ed.) *Social History of Nineteenth Century Mathematics*, Boston-Basel-Stuttgart, Birkhäuser, p. 89-110.

SIGAUD DE LA FOND, J.A. (1777), *Éléments de physique théorique et expérimentale: pour servir de suite à la description & usage d'un cabinet de physique expérimental*, París, Gueffier. [traducció al castellà de Tadeo Lope y Aguilar: Sigaud de La Fond (1799) *Elementos de Física Teórica y experimental*, Madrid, Imprenta de Ramón Ruíz [2ª edició].

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

SONNET, H. (1867), *Dictionnaire des Mathématiques Appliquées*, París, Librairie de L. Hachette et Cie.

STRUİK, D. J. (1981), «Mathematics in the early part of the Nineteenth Century». A: MEHRTENS, H.; BOS H; SCHNEIDER, I. (ed.) *Social History of Nineteenth Century Mathematics*, Boston-Basel-Stuttgart, Birkhäuser, p. 6-20.

VERA, F. (1967), *Matemática*, Buenos Aires, Kapelusz [2^a edició (la 1^a edició és de 1960)].

WARNER, D. (1994), «Terrestrial Magnetism: For the Glory of God and the Benefit of Mankind», *Osiris*, 9, p. 67-84.