

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE BARCELONA

**Acte acadèmic d'Investidura com
Doctor Honoris Causa
del Prof. en Lluís A. Santaló i Sors**

- I. Començament.
- II. " Lloança dels mèrits del Doctorand ", pel Prof. Enric Trillas.
- III. Investidura.
- IV. " La Matemàtica en la Tècnica i en l'Art", pel Prof. Ll. A. Santaló.
- V. Cloenda.

**Sala de Graus de la
Universitat Politècnica de Barcelona
14 de juliol de 1977**

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA

Desembre 1978

Presidència oficial

Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Julià Fernández i Ferrer, Rector de la Universitat Politècnica de Barcelona.

Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Joan Obiols i Vié, Rector de la Universitat de Barcelona.

Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Josep Laporte i Salas, Rector de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Excel.lentíssim Sr. Javier de Cárdenas i Chávarri, Director de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura.

Excel.lentíssim Sr. Gabriel A. Ferraté i Pascual, Representant de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials.

I. Començament.

El Magnífic i Excel.lentíssim senyor Rector de la Universitat Politècnica de Barcelona, diguè:

- *“Senyor claustrals, seieu i cubriu-vos. S’obre la sessió. El Secretari General de la Universitat Politècnica de Barcelona llegirà el meu ofici del 25 de maig del 1976 i el del Ilmo. Sr. Director General de Universidades del 13 de novembre del 1976”.*

- El Secretari General llegí els oficis en qüestió.

- El Magnífic i Excel.lentíssim senyor Rector digué: *“La Comissió Delegada del Claustre farà el favor d’anar a cercar el Professor en Lluís Antoni Santaló i Sors”.*

- El Professor en Lluís Antoni Santaló i Sors i els seus padrins, els il.lustríssims senyors doctors n’Enric Trillas i Ruiz i n’Enric Ras i Oliva, s’assegueren en els escons que els havien estat reservats.

- El Magnífic i Excel.lentíssim senyor Rector donà la paraula a l’il.lustríssim Sr. Dr. n’Enric Trillas i Ruiz, Catedràtic de Matemàtiques i padrí del Doctòrand, qui feu la següent lloança dels mèrits del Prof. Santaló.

II. Lloança dels mèrits del Doctorand.

L'apadrinament del Prof. Lluís Santaló l'havia de fer, per part de l'Escola d'Arquitectura, l'estimat Prof. Pere Pi i Calleja, però les ineluctables lleis de la jubilació acadèmica han determinat que hagi d'ésser jo qui ho faci. Això no obstant, amb el Prof. Pi ens hem posat d'acord per fer aquesta defensa dels mèrits, tot i creient que per molts que en puguem presentar en quedaran d'altres que no sabrem dir, per manca, potser, de l'habilitat poètica que ens permetria resaltar aquells valors, aquelles actituds podríem dir-ne espirituals que, de l'amic, voldríem lloar. I és que els mèrits científics són tan coneguts i tan importants, que pot semblar una inqualificable gosadia que els defensem. Però el protocol així ho exigeix i no ens pertoca més que donar compliment a l'antic cerimonial establert.

Es fa molt i molt difícil no començar dient que Lluís Antoni Santaló i Sors va néixer l'any 1911 a la ciutat de Girona i que va rebre el títol de Doctor en Ciències Exactes a la Universitat de Madrid pel Febrer del 1936. Enmig, però, es produeix un fet que podem considerar decisiu en la vida del nostre doctorand: després d'haver guanyat unes oposicions per a l'ensenyament mitjà, el Prof. Julio Rey Pastor, que creia fermament en la capacitat investigadora de Santaló, l'obligà materialment a signar una petició per una borsa d'estudis que el portà a estudiar a Hamburg amb el famós Professor Blashke, amb qui inicià els estudis que van portar-lo a la seva tesi doctoral "Nuevas aplicaciones del concepto de medida cinemática en el plano y en el espacio", que marca la línia de treball seguida primordialment per Santaló durant els darrers 40 anys: la geometria integral i les probabilitats geomètriques.

Poc després de llegir la tesi, Santaló es veu immers en el quefer bèl·lic de la guerra d'Espanya i és professor a l'Escola de Pilots d'Aviació, que l'Exèrcit republicà tenia a la vora de Cartagena: aquí s'inicià una certa afició de Santaló que, cosa típica en ell, el portarà a estudiar tant la història de l'Aeronàutica com a preocupar-se d'alguns dels seus problemes. Amb la retirada passa a França i és internat a la platja d'Argeles on, cal remarcar-ho, fa una cosa que, ben segur, hem de considerar singular en la vida del nostre savi: s'evadeix del camp de concentració i, sense papers vàlids, arriba a París on és detingut i és el mateix Elie Cartan qui el treu en llibertat per donar unes conferències a l'Académie des Sciences. Després aconsegueix el visat per entrar a l'Argentina, país que habita des del 1939 i que ha arribat a ésser la seva pàtria adoptiva. Allà ha estat, succesivament, Vicedirector del "Instituto de Matemática" de la Universitat del Litoral, a Rosario, fins 1949; Professor de la Facultat de Ciències de la Universitat de La Plata, fins 1955; membre de la Comissió Nacional de l'Energia Atòmica, de 1952 a 1957 i, de llavors ençà, Professor de la Universitat de Buenos Aires. Santaló és membre

de les Acadèmies: "Nacional de Ciencias de Lima, Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, Nacional de Ciencias de Córdoba" i corresponent de les Reials de "Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid" i de "Ciencias y Artes de Barcelona". Ha estat directiu del "Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas" argentí i és President de la "Unión Matemática Argentina".

Santaló va ésser, sens dubte, un element molt destacat del equip de treball que, amb emigrats espanyols de la guerra civil, va formar Rey Pastor i entre els que cal senyalar els també catalans Pi i Coromines. Val la pena de dir que, durant la seva època de Vice-Director del "Instituto de Matemática de Rosario", del que era Director el famosíssim BEPPO LEVI, Rey Pastor va anar a Nordamèrica i en rebre lloances dels treballs d'aquell Institut i contestar: "Si, hi ha en Beppo Levi", va tenir la sorpresa de que li digueren: qui és allà publicant treballs excelents és en Santaló. Diguem de pasada que en la bibliografia incluída per Lamberto Cesari en "Surface Area" (edició de 1956) només hi han dos autors espanyols: Pi i Santaló.

A l'any 1948 es produeix un altra fet decisiu en la vida científica de Santaló: és becari de la fundació Guggenheim per a investigar a Chicago i a Princeton temes de Geometria Diferencial i Integral durant els anys 1948 i 1949. D'aqueixa estada neix el curs que després, en 1953, es concretà en el seu famós llibre "Introduction to Integral Geometry", publicat a Paris en la mateixa col.lecció de les primeres edicions dels Bourbaki. D'aquest llibre hi ha una traducció al rus i gosaria dir que és una obra fonamental en la història de la Geometria Integral, ja que després de 1940 els nous mètodes de la geometria diferencial van fer possible unificar, generalitzar i alhora progressar tal teoria. L'any 1976, Santaló ha publicat el llibre "Integral Geometry and Geometric Probability", que és el primer volum de la "Encyclopedia of Mathematics and its Applications", gran obra que vol presentar tot el cos de la Matemàtica.

Permeteu-me que trenqui l'exposició per donar unes xifres relatives a la producció estrictament científica de Santaló, en l'aspecte de treballs d'investigació originals publicats en revistes científiques i tots ells recensionats en el "Mathematical Reviews" i en el "Zentralblatt für Mathematik": Ha produït (fins 1976) no menys de 130 articles d'investigació original, publicats en revistes:

- alemanyes	: 6	- hongareses	: 2
- angleses	: 1	- índies	: 1
- argentines i sudamericanes	: 50	- italianes	: 2

- | | | | |
|---------------|------|------------------|------|
| - belgues | : 1 | - japoneses | : 4 |
| - canadenques | : 1 | - nordamericanes | : 20 |
| - espanyoles | : 11 | - portugueses | : 4 |
| - franceses | : 1 | - ruses | : 1 |
| - holandeses | : 1 | - turques | : 1 |
- a part, cal considerar el cas especial de "Mathematique Notæ", amb 24 articles.

Tals treballs estan publicats,

- 91 en espanyol
- 33 en anglès
- 3 en alemany
- 3 en francès.

Aquestes importants xifres no reflexen amb tot, el valor matemàtic dels treballs de Santaló. Tampoc no reflexen tota l'activitat de Santaló. Per exemple, ha publicat 14 llibres, dels que 10 son escrits en espanyol, tres en anglès i un en català, i d'ells, podriem dir que

- 2, són de divulgació científica.
- 3, són llibres originals d'investigació geomètrica.
- 2, es refereixen a una de les grans preocupacions del nostre doctorant: l'ensenyament de la matemàtica.
- 7, son excel·lents llibres de text de nivell universitari, dels que 5, són geomètrics i 2, són de probabilitat i estadística.

De més a més, Santaló ha portat a terme una labor de divulgació de temes històrics i d'estudi i evolució de científics i de teories científiques, amb articles sobre "Niccolo Tartaglia", "Isaac Newton", "La obra científica de Beppo Levi", la serie referent a l'origen i evolució de la geometria integral i el titulat "La obra de Einstein en el campo matemático". Precisament, una de les seves preocupacions ha estat la teoria del camp unificat: en efecte, ha publicat 5 treballs arrel d'aquest tema i també dos articles de divulgació.

Passem ja a l'anàlisi de la creació científica original, i que podem agrupar en sis grans tòpics:

- 1.- Teoria del camp unificat.
- 2.- Geometria de nombres.

- 3.— Geometria diferencial.
- 4.— Probabilitats geomètriques.
- 5.— Geometria integral.
- 6.— Geometria dels cossos convexos.

En la Teoria del camp unificat, va intentar caracteritzar d'alguna manera les equacions del camp i per això ha estudiat equacions molt generals que donen, com a casos particulars, les conegudes d'Einstein i Schrödinger.

Pel que fa referència a la geometria de nombres, cal citar com a resultats; una demostració original del teorema de Minkowski-Hlawka, que Rogers cita en el seu llibre de 1964 "Packing and Covering"; la demostració d'una desigualtat conjecturada per Mahler i la generalització de resultats de Tsuji arribant a un teorema de geometria hiperbòlica, paral·lel al fonamental de Minkowski de la geometria dels nombres.

En geometria diferencial cal explicar que Santaló ha tractar la geometria diferencial mètrica, estudiant les corbes de Darboux i demostrant que coincideixen amb les corbes extremsals de la torsió total. També ha tractat les geometries diferencials afí i projectiva. En el seu article "Unas propiedades de la representación conforme local de una superficie sobre otra" (1957), aplica per primera vegada els mètodes de la "referència mòbil" de Elie Cartan a l'estudi de la geometria diferencial afí: així ho reconeix Mihailescu en 1965 en una Memoria de la Real Academia de Bèlgica.

Pel que fa a les probabilitats geomètriques cal observar que, justament, són l'origen de la geometria integral i per això Santaló té treballs sobre aquest tema des de molt aviat. En els primers ja va estudiar problemes sobre xarxes que generalitzen el resultat clàssic de l'agulla de Buffon, fent després l'estudi de probabilitats sobre l'esfera i iniciant una línia d'investigació continuada per Miles, i que en introduir els útils i les idees dels processos estocàstics, transformàren les probabilitats geomètriques i la geometria integral en la moderna "Geometria estocàstica". Cal remarcar que els treballs titulats "Sobre la distribución probable de corpúsculos en un cuerpo deducida de la distribución en sus secciones" (1943) i "Sobre la distribución de los tamaños de los corpúsculos contenidos en un cuerpo a partir de la distribución de sus secciones" (1956), són de gran importància tecnològica, per tal d'analitzar la composició dels conglomerats i estan en la base de la moderna Estereologia, important per moltes branques científiques i tècniques en permetre analitzar la distribució de les partícules submergides en un cos convex del que només es poden conèixer seccions de dues dimensions.

Com s'ha dit, els primers treballs de Santaló es van referir a la Geometria integral que, sens dubte, es la seva especialitat, i que van ser citats des de bon començament (1936), pel mateix Blaske, en el seu famós "Vorlesungen über Integral Geometrie". La idea bàsica de Santaló va ésser estendre i aplicar la "mesura cinemàtica". Donat un conjunt de punts, o figura, d'un espai en que actua transitivament un grup de transformacions, es considera un conjunt de figures transformades de la donada pel grup i es tracta de mesurar aquest conjunt de figures congruents: tal mesura és la de Haar del grup, que existeix si és localment compacte i que pot calcularse explícitament si és de Lie. A través d'una línia de successives generalitzacions a figures il·limitades, a figures sobre la esfera, a figures d'un pla no-euclidià hiperbòlic, a figures hiperconve-xes, va aconseguir la fórmula fonamental cinemàtica per espais de qualsevol dimensió i curvatura constant.

Santaló també ha estudiat la geometria integral en espais complexos (generalit-zant la clàssica fórmula de Bézout per corbes algebraïques) i en varietats diferenciables, en lloc d'espais euclidiàns. Cal dir que gràcies a tot això ha pogut donar una nova manera de definir la longitud de corbes, l'àrea de subvarietats i mesurar conjunts de geodèsiques.

Part de l'obra de Santaló en aquest camp figura en els seus llibres citats abans i en el "Geometria Integral", anterior i escrit en col·laboració amb Julio Rey Pastor. Els treballs de Geometria integral són molt citats i a més de la edició de 1955 del dit llibre de Blaske també els anomenen altres obres del mateix Blaske, de Hadwiger, Fejes Toth i Stoka.

Els resultats de Santaló en el camp de la Geometria Integral van resultar de gran aplicació a la teoria dels cossos convexos. En particular, és important el treball sobre transversals de conjunts de figures convexes, que s'aplica a problemes d'optimització. Els treballs en aquest camp són citats per Eggleston en "Convexity" (1958), per Valentine en "Convex Sets" (1964), i per Hadwiger-Debrunner-Klee en "Combinatorial Geometry in the Plane" (1964), entre altres.

Vull dir que crec sincerament que Lluís Santaló es un gran geòmetra i que és d'aquells matemàtics que no ho son per definició, sinó que ho són perquè hi ha proves de que és així. He intentat d'aportar-ne algunes. Mark Kac ha dit que Santaló és "for many years the undisputed leader in the field of Integral Geometry".

Potser en la polèmica de si l'espanyol serveix o no per a la matemàtica (amb el "inexorable anatema divino" de que Rey Pastor parlava) i en la que el gran poeta Maragall deia: "les ciències exactes . . . ganes de buscarse mals de cap sense necessitat", podriem dir: experimentalment, de geomètra almenys en tenim un.

Encara no puc acabar, car els treballs del nostre nou doctor m'ho impedeixen. Em cal encara dir que Santaló ha arribat a ésser President del "Interamerican Committee on Mathematical Education". I és que de molt antic té una gran preocupació per la manera de transmetre la Matemàtica, per l'ensenyament i per la manera de crear-ne de Matemàtica: ha escrit dos llibres sobre aquest tema, més d'una dotzena d'articles i no sé quantes conferències. Voldria dir, perquè en llegirho en va impressionar, que Santaló creu que "s'educa per al bé, per a la veritat i per coneixer i entendre l'univers". En tota la seva obra didàctica és, essencialment, asenyat i sembla creure més en la formació, vocació i bona fé dels professors que no pas en preteses tècniques pedagògiques molt modernes. Jo el veig prop de les idees pragmàtiques dels anglesos, d'alguns nordamericans i un francès. Precisament el citat Mark Kac diu, del darrer llibre de Santaló, que "contradiu reiteradament la creença popular de que l'aplicabilitat i la elegància son incompatibles".

Per acabar vull dir que la integració de Santaló a la cultura argentina i sudamericana es molt gran, sense que això mai l'hagi fet deixar d'ésser veí de la plaça de Sant Pere de Girona, la qual cosa, si l'honora molt a ell, no pot deixar massa tranquil. la nostra consciència en pensar que un savi català no hagi pogut, per ara, fer escola a casa.

Cal dir que tenim davant nostre un gran català d'Amèrica, un dels nostres millors embaixadors per la gran alçada científica que ha assolit i per el gran respecte que allà, com arreu, li té tothom. Com Casals, com Miró, com Sert, com Trueta, . . . , Santaló és un català universal. Al seu costat mai falta un alé, un somriure.

III. Investidura.

- El Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Rector digué: "Anem a investir solemnement el Professor en Lluís Santaló i Sors com a Doctor "Honoris Causa" per la nostra Universitat". Tots els presents s'aixecàren i els professors en Lluís Santaló i Sors, n'Enric Trillas i Ruiz i n'Enric Ras i Oliva es posàren davant del Magnífic i Excel.lentíssim senyor Rector que presidí.

- El Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Rector digué: "A proposta de l'Escola Tècnica Superior de Arquitectura i de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona i com homenatge als vostres rellevants mèrits heu estat nomenat Doctor "Honoris Causa" d'aquesta Universitat. Per l'autoritat que m'ha estat donada us lliuro el títol de doctor i us imposito com símbol el birret llorejat, venerat distintiu del nostre més alt magisteri. Porteu-lo sobre el vostre cap (*li imposà el birret*) per coronar els vostres estudis i mereixements. Rebeu l'anell que els antics lliuraven en aquesta vella cerimònia com emblema del privilegi que s'atorgava de signar i segellar dictàmens, consultes i censurees que toquessin la vostra ciència i també els guants blancs símbol de la puresa que han de conservar les vostres mans i que a l'igual de l'anell són també signe de la vostra categoria.
Incorporat ja al nostre Claustre rebeu ara, Doctor Santaló, en nom de tots els claustrals, una abraçada de fraternitat dels que s'honoren i es congratulen l'ésser els vostres germans i companys" (l'abraçà).

- El nou doctor i els seus padrins s'assegueren en els escons del Claustre. Es tocaren els himnes d'Espanya, de la República Argentina i Els Segadors.

- El Magnífic i Excel.lentíssim Sr. Rector donà la paraula al Doctor Santaló que llegí el següent treball.

IV. La Matemàtica en la Tècnica i en l'Art.

És amb forta emoció que agraeixo cordialment al Excm. Sr. Rector de l'Universitat Politècnica de Barcelona i a la Junta de Govern de la mateixa, l'alta distinció que m'han conferit al investir-me Doctor Honoris Causa de tan prestigiosa Casa d'Estudis. Agraeixo també als professors i amics dels Departaments de Matemàtiques de les Escoles d'Arquitectura i Enginyeria, per haver tingut i suportat la iniciativa. De manera especial, he d'agrair i ho faig ben cordialment, al Professor Enric Trillas, padri meu en aquesta cerimònia, per les seves paraules, amables i sens dubte sobrepassant la mesura justa, però que estimo i aprecio per la seva generositat i per venir d'un exponent de la nova matemàtica catalana, matemàtica jove, però plena de entusiasme, energia, intel·ligència i de ja consagrada capacitat.

Amb al vènia del Exc. Rector, crec un deure aprofitar l'avinentesa per a retre un homenatge d'admiració i amistat al fins fa poc catedràtic de l'Escola d'Arquitectura d'aquesta Universitat, doctor Pere Pi i Calleja, gran matemàtic, eximi professor i treballador incansable. La seva obra, pregona i extensa, ha contribuït a la formació de diverses promocions d'estudiants, tant a Espanya com a l'Argentina. És precisament per això que porto el missatge de l'Unió Matemàtica Argentina, de la que sóc actualment vice-president, d'expressar al Professor Pi Calleja el testimoni de l'agraïment, admiració i afecte dels matemàtics argentins, que recorden la seva valuosa actuació en aquelles terres, pàtria del seu fill, en las què durant prop de 15 anys va donar, generosament i a mans plenes, com ell sap fer-ho, totes les energies de la seva gran capacitat de didacta, investigador i organitzador. Els que foren els seus deixebles, avui dia professors, autoritats o professionals, i els seus companys d'aquells temps, el recorden sempre amb veritable devoció i emocionat agraïment. Amic Pere Pi i Calleja, en nom de tots ells, moltes gràcies pel que heu fet, per la vostra obra, per les vostres ensenyances i pel vostre exemple.

Abans de seguir, voldria també expressar l'emoció que em produeix la primera vegada que en un Acte Acadèmic puc expressar-me en la llengua amb què el meu enteniment va aprendre a conèixer les coses, a anomenar-les, i el meu esperit a manifestar els seus sentiments i emocions, la llengua en què, de petit, la mare em contava contes i cantava el peu del bressol.

Es per ami un gran honor, a través del Doctorat Honoris Causa, quedar vinculat amb aquesta Universitat Politècnica. Estem en el segle en que els estudis tècnico-científics són la base de tots els coneixements. Penso que la creació d'aquesta Universitat ha estat un dels millors encerts dels últims anys en el camp de la cultura superior

a Catalunya, tant pel fet en si, que respòn a una corrent universal, com pel fet de que l'aspecte tècnic en tots els nivells del coneixement s'adapta perfectament al temperament i caràcter del nostre poble, format per succesives sedimentacions de les característiques d'aquells que han anat poblant aquesta terra, tant dels que s'incorporaven definitivament a la mateixa, com dels que l'habitaven superficialment durant centúries, sense deixar arrels perdurables. Així, l'esperit de comerç i pragmàtic dels fenicis i cartaginesos, la lluminosa claretat dels grecs, el seny i la mesura dels romans, l'individualisme a ultrança dels visigots i la fantasia dels àrabs, tot amalgamat per la puresa dels aires pirinencs i la blavor de les aigües mediterrànies han anat formant el nostre caràcter nacional, caràcter que, penso, és dels més adaptats per a comprendre i prendre part en la cultura dels temps actuals; cultura que és tècnica, és ciència i és art, manifestacions que com l'humus de què es nodreixen totes, elles tenen en la seva base l'esperit matemàtic; cultura que necessita fantasia pero no es deslliga de la realitat, que sap mirar a les estrelles tot hi conservant els peus ben aferrats a la terra.

Tenir "esperit matemàtic" no vol dir ser matemàtic de professió, con tenir sentit musical no vol dir ser creador o executor de música. El matemàtic professional ha d'estar familiaritzat amb la matemàtica com a creació i tenir experiència en la calculatòria i ús de les eines matemàtiques per resoldre, o intentar resoldre, problemes concrets. Tenir esperit matemàtic significa veure intuitivament les coses dins el marc de la lògica i del raonament deductiu, la qual cosa permet de capir-les d'una manera més completa, comprendre millor la seva evolució i preveure les conseqüències de possibles alteracions inicials. Per moure's amb deseiximent a dins del món complicat d'avui, un mínim d'aquest esperit matemàtic és important i per això la preocupació universal per a crear-lo, posant al dia l'ensenyament de la matemàtica a tots els nivells, donant major importància a la formació intel·lectual conjunta, que al domini de tècniques rutinàries que ràpidament esdevenen obsoletes i inútils.

Per a comprendre el paper de la matemàtica en el món actual, s'han de tenir en compte les seves característiques, és a dir, que la matemàtica es art, com és creació i es serveix de la fantasia; és ciència, per que a través d'ella s'aconsegueix un millor coneixement de les coses, dels seus principis i causes; i és tècnica per que proporciona mètodes i mitjans per resoldre problemes i actuar sobre la Naturalesa i els seus fenòmens. És a dir, com a art, ajuda a discernir les formes i a apreciar la Naturalesa com a doll de bellesa i harmonia; com a ciència, ajuda a conèixer la Naturalesa i entendre les seves lleis; com a tècnica, contribueix a dominar la Naturalesa i les seves forces, per a posarles al servei de la vida i del benestar de l'home.

Les tres coses no poden anar separades. Polaritzant-se en art, la matemàtica

passa a ser misticisme i filosofia. Si és solament ciència, es torna arida i seca, com la matemàtica escolàstica de l'ensenyament tradicional. Si es conserva estrictament tècnica, arriba fàcilment al límit de les seves possibilitats i esdevé rutina monòtona i estèril.

És la combinació de les tres característiques la que ha anat continuant l'edifici matemàtic. Considerant la matemàtica com un art i fent de la mateixa una mística de significats transcendents, els pitagòrics varen trobar importants relacions entre els nombres i harmonies entre les formes, i Sòcrates hi veia en ella "el camí per a passar de les tenebres a la llum. Poc després, Euclides organitzava aquets coneixement de base artística o filosòfica i els ordenava com a ciència, i tot seguit Arquímedes desenvolupava la tècnica per a calcular forces i Ptolomeu la tècnica per a calcular els eclipsis i la posició dels astres.

El mateix cicle el trobem repetit en el Renaixement. Luca Paccioli i Leonardo da Vinci cerquen a través de la matemàtica la "divina proporció" i la bellesa de les formes, i Descartes veu en la geometria analítica que crea, una aplicació del seu Mètode per a conduir la raó: son els representants de la matemàtica com a art o filosofia. Poc després Newton, cent per cent científic, crea el càlcul infinitesimal que permet entendre les lleis del Sistema Solar i la gravitació, càlcul que domina totes les ciències físiques dels segles XVIII i XIX i que actualment és essencial en totes les branques de la tècnica, des del càlcul del perfil de les ales dels avions i les estructures dels edificis, fins el càlcul de la potència de les centrals d'energia convencional o nuclear.

La necessitat de la matemàtica, per al seu desenvolupament, d'anar creant un simbolisme particular, només comprensible als iniciats, i la seva dualitat de mística (nombres primers, nombres amics, quadrats màgics) i tècnica (càlcul d'eclipsis, volums, estructures, trajectòries) han fet que sempre fos considerada com una cosa estranya i misteriosa, que de vegades ha despertat admiració, com en Plató, que no volia alumnes que no coneixessin la geometria, i altres desconfiances, com en Sant Agustí, que advertia sobre possibles pactes dels matemàtics amb el dimoni, o en Goethe que els acusava d'enredar-ho tot, fent incomprendibles les coses senzilles.

En el present, per aquells que sortosament encara conserven la qualitat d'admirar-se d'alguna cosa, l'admiració es concentra en les computadores. Si abans es deia, en sentit figurat, "que els nombres dominen el món", avui podem dir que les computadores, immensos dipòsits de nombres i operacions, estan a punt de dominar-lo de manera efectiva. Les computadores ho classifiquen i ordenen tot, potser una mica més d'allò que seria prudent. Existeix el perill que a causa de l'afany de classificar-ho i ordenar-ho

tot, l'home mateix caigui dintre d'aquest deliri ordenador i, com a nou aprenent de bruixot, no pugui tornar enrera i quedi convertit, ell mateix, en una fitxa perforada dins una demoníaca computadora universal.

Les característiques de la matemàtica actual són el seu creixement explosiu i la seva diversitat d'aplicacions. Els centres d'investigació matemàtica, que fins l'última guerra mundial estaven limitats a uns pocs països desentrotllats, avui es troben en abundor en els 5 continents. Per donar una idea de la quantitat de matemàtiques que es publiquen actualment, serà suficient esmentar que la revista de crítica bibliogràfica "Mathematical Reviews", l'any 1976 va comentar 32.181 articles. Considerant amb promig una extensió de 5 pàgines cada article, resulta que si es reunissin els treballs de matemàtica que es varen publicar arreu del món l'any 1976, tindriem 300 volums de 500 pàgines cada un. Es compren que es impossible mantenir-se actualitzat en tota la matemàtica i que el coneixement d'algun capítol sigui a costa del desconeixement, cada dia més accentuat, de tots els restants. El problema de la informació científica és dels més aguts del món actual. El que hem dit per la matemàtica és general per totes les branques del coneixement, fins i tot les més vitals com la medicina i alguns aspectes de la tecnologia. Si els científics no volen acabar com els treballadors d'una nova torre de Babel, serà necessari cercar nous procediments d'informació: és possible que la impremta de Gutenberg, com abans els "escribes", hagi ja completat el seu cicle històric.

Quant a la seva diversitat d'aplicacions, des de principis de segle i sobre tot en els últims anys, la matemàtica ha començat a invadir totes les activitats de l'home. Ha perdut la seva rigidesa, que la feia inaplicable a les qüestions no ben precises, i ha guanyat amb flexibilitat, per adaptar-se a moltes situacions imprecises de les Ciències del Home: psicologia, sociologia, ciències del comportament. Volem esmentar alguns exemples.

Seria redundant, en una Universitat Politècnica, parlar de la influència de la matemàtica sobre totes les disciplines que en ella es cultiven. Per l'arquitectura, la necessitat de la matemàtica per al càlcul d'estructures, resistència de materials i estabilitat, és massa evident perquè s'hagi d'esmentar. M'interessa més fer ressaltar algun altre caràcter, més general i més referent a l'esperit matemàtic de que parlàvem abans. Hem dit que la matemàtica és art, la qual cosa implica que en els principis fonamentals han d'existir certes relacions entre les formes de treball del matemàtic i de l'artista.

En primer lloc, la matemàtica és creació o és descobriment ? L'artista, sigui

arquitecte, pintor, músic o escultor, crea amb llibertat infinita. Sense ells, les seves obres no haurien estat mai creades. El matemàtic, en canvi, té la llibertat limitada. Moltes vegades, com el científic natural, tan sols descobreix coses, encara que aquestes coses pertanyin al món de les idees. Els nombres naturals (1, 2, 3, . . .) han existit sempre, abans que l'home aprengué a comptar; com deia Dedekind "els nombres naturals els ha creat Deu, els restants son obra dels homes". Els políedres regulars son 5, es impossible crear-ne d'altres, i existien, al menys com a idea, abans que els grecs els descobrissin. Podriem dir que certes idees primitives son pre-existens i que el matemàtic només les descobreix, de la mateixa manera que l'astrònom descobreix una nova estrella o el físic nuclear una nova partícula elemental. Però, a partir d'aquestes idees, una vegada adquirides, el matemàtic les combina entre elles, les elabora i coordina, com el constructor els rajols o el poeta les paraules, i és aleshores, com el matemàtic, trobant-se davant d'una possibilitat d'elecció infinita, passa realment a crear i la matemàtica, de ciència natural, esdevé art.

Qué fa el matemàtic per a descobrir? Com el biòleg el microscopi i el físic el ciclotró, per exemple, el matemàtic té alguns principis elementals que moltes vegades serveixen, encara que no són principis universals i poden també confondre si no s'utilitzen amb suficient precaució.

Un d'aquets principis és la "simetria", principi que, curiosament, es també un dels punts bàsics en moltes creacions plàstiques. Es evident la tendència natural de l'home per la recerca de simetries en totes les seves creacions. Aquest afany per a la simetria no es altra cosa, moltes vegades, que l'expressió del principi de raó suficient. Sembla que l'esperit es sent satisfet, i que descansa i gaudeix, quan no té motius perquè una part sigui diferent de l'altre, quan no té el problema de preguntar-se perquè les parts d'una mateixa unitat presenten diferències entre elles. Els cinc políedres regulars, que tan gran paper han jugat en l'art (recordem solament el dodecaèdre que presideix la Santa Cena de Dalí), en la filosofia (Plató atribuïa forma de políedres regulars a les últimes partícules de matèria, els àtoms de Demòcrit, i a quatre d'ells els atribuïa la representació dels elements terra, aire, foc i aigua, de la naturalesa) i en la Ciència (Kepler considerava que els planetes es movien sobre esferes successivament inscrites i circumscrites dins políedres regulars), deuen la seva importància a la simetria: no tenen cares diferents, ni arestes més llargues unes que altres. Son políedres que es superposen sobre ells mateixos per certs grups de transformacions; precisament per certs grups, que passant ja de l'art i la filosofia a la matemàtica, són els primers exemples de grups finits, de molta importància en l'àlgebra i en la teoria d'equacions.

Aquestes simetries de naturalesa geomètrica, visual i artística, han passat a ser,

en el camp de la matemàtica, d'importància capital. Si d'un objecte geomètric es diu que presenta simetries quan es superposa a ell mateix per un grup de transformacions, és a dir, quan és "invariant" per un tal grup, és natural estendre el concepte de la geometria a l'anàlisi i dir que una equació presente certes simetries quan es invariant per cert grup de transformacions. I si les simetries de la geometria condueixen a formes estrictament i matemàticament interessants, es natural pensar que també les equacions invariants per grups de transformacions han de tenir propietats notables i d'interès desde el punt de vista de la filosofia natural. Efectivament, resulta que tota la mecànica clàssica de Newton es basa en equacions invariants pel grup de Galileu la mecànica relativista especial d'Einstein en equacions invariants pel grup de Lorentz, i les mecàniques quàntiques en equacions que es diferencien pel grup de transformacions per les que son invariants. (Grup unitari, hermític, $SU(2)$, $SU(4)$, . . .). Per això Heissenberg, un dels principals creadors de la mecànica quàntica i que cercava en els últims anys de la seva vida una equació universal que expliqués el desordre actual en el camp de les partícules elementals, cercava una equació amb el màxim de simetries, i fent una semblança amb el primer versicle de l'Evangeli de Sant Joan deia "en el principi fou la simetria i de la simetria vingué la llum".

Aquesta veneració per la simetria ha tingut els seus perills. Els grecs, Aristotil el primer, consideraven per exemple, que el moviment circular per ser l'únic "simple i complet", que es comporta igualment en totes les seves parts, per les seves infinites simetries, és el que necessàriament han de descriure els astres. Igualment, prescindint de si és el Sol o la Terra el que es mou, també Ptolomeu donava per descomptat que les trajectories del planetes havien d'ésser circumferències, la qual cosa complicava tot el sistema geocèntric que, així i tot, per respecte a la simetria, a la senzillesa i a Aristotil, durà 1500 anys. Les el.lipses com a corbes, eren conegudes pels grecs des del segle IV abans de la nostra Era, però a ningú se li podia acudir que les trajectòries, no havent-hi cap raó perquè es prolonguessin més en una direcció que en una altre, poguessin no ser circumferències. Era la pressió sobre el pensament del principi de raó suficient i, en el fons, del principi de simplicitat. Aquí arribem a un altre punt en què la matemàtica ha estat mestre de la filosofia. Les lleis naturals són simples o, al menys, han de ser-ho per a nosaltres que som part de la Naturalesa mateixa. Però, que vol dir simplicitat? Per al geomètra elemental, la circumferència és més simple que la el.lipse, però en la geometria analítica de Descartes, circumferència i el.lipse son les dues corbes de segon grau, les més simples després de la recta, que queda descartada car no és tancada, i per tant, circumferència i el.lipse quedan sota un mateix peu d'igualtat. Poc després de Descartes, Newton reivindicà la posició aristotèlica de la simplicitat, al descobrir la llei d'atracció universal, que resulta ser la més simple possible sota certes condicions . . . i per a qui conegués el càlcul infinitesimal. Segles després, Einstein

planteja les seves equacions de la gravitació en la relativitat generalitzada, que són també les més simples possibles . . . quan es coneix el càlcul tensorial. Igualment les equacions de Dirac de la mecànica quàntica són les més senzilles, dintre de la teoria dels "spinors".

És a dir, la idea de simplicitat no és absoluta, sino relativa als coneixements previsos. Per una intel·ligència infinita, tot és simple. Els homes, en canvi, hem d'anar pujant, un darrera l'altra, els graons que van il·luminant, poc a poc i successivament, els espais de la nostra ignorància.

Si ens quedem en l'estat primari de l'art, que capta d'un sol cop un munt de desenvolupaments matemàtics, les proporcions i les simetries es troben en abundància, tant en l'arquitectura com en la ceràmica i en els mobles i útils de la vida diària. En l'arquitectura, desde el romà Vitruvius (segle I abans de J.C.) fins al Modulor de Le Corbusier, les simetries i les proporcions han jugat un paper fonamental. "Cap edifici -deien els clàssics— pot tenir bona composició si es descuiden les proporcions i les simetries" i en l'antiguetat i edat mitjana es recomanava una mena de principi d'optimització: "cercar la màxima quantitat de semblances entre les parts, i entre les parts i el tot". És per el camí de les simetries que el matemàtic entra en l'art i aquest es torna origen de problemes matemàtics. Le Corbusier es qui millor ha expressat l'esperit matemàtic, que no són els càlculs". . . la matemàtica en l'art, no són els càlculs, sinó la presència d'una majestat, d'una llei de ressonància i ordenació infinita . . . si es comprèn el que és la matemàtica en el sentit filosòfic, la trobarem en totes les obres de la Naturalesa".

Passant de l'arquitectura a la pintura, les obres de l'holandès Escher (1898-1972) són veritables compendis de teories matemàtiques. Molts dels seus quadres són creacions visuals continuades de tota la teoria de grups finits. Són una harmoniosa composició d'art i matemàtica, en l'estat més pur de les dues coses, composició que fascina al profà i meravella al matemàtic. Fins i tot en la manera de treballar, la relació entre Escher i els matemàtics és evident: "cada vegada que realitzo un projecte -ha dit— d'omplir el pla mitjançant figures repetides periòdicament, em sembla que no sóc jo el qui decideix les formes, sinó que aquets simples dibuixos sobre els que m'inclino, tenen la seva pròpia voluntat i són ells mateixos els que guien els moviments de la meua ma". És la mateixa sensació del matemàtic creador, de que les idees originals segueixen després desenvolupantse per impuls propi.

Altres artistes plàstics s'han anat acostant a la matemàtica atrets per la seva abstracció, cercant en ella noves formes per expressar idees o sentiments que no caben en paraules ni es troben directament en la Naturalesa visible. Vassarely, (1930-1976)

per exemple, vol introduir en la pintura les possibilitats de la tècnica i de la ciència moderna: projeccions lluminoses, mètodes fotomecànics, computadores i altres tècniques de dibuix i color que substitueixin la ma de l'artista. "Acabem-diu l'any 1952-amb la naturalesa romàntica; la nostre naturalesa es la Bioquímica, l'Astrofísica i la Mecànica ondulatòria". Amb aquesta idea es pot deixar el dibuix en mans de les computadores, triant únicament el programa inicial entre funcions i fórmules matemàtiques, més o menys complicades i de més o menys valor artístic. Es possible que l'atzar, en el dibuix, forma i color tingui també una base matemàtica. Recordem que la matemàtica ha deixat de ser la ciència "exacta" per antonomasia dels segles XVIII i XIX i que per tractar amb profit les ciències de l'home ha hagut d'anar deixant la seva tradicional "exactitut", encara que no el seu "rigor".

Hem vist com certes idees fonamentals serveixen per igual a l'art i a la matemàtica. Això ha fet que els matemàtics puguin trobar en moltes obres artístiques fonts d'inspiració i material d'estudi. La teoria dels grups finits, la topologia de superfícies i de nusos, i la geometria diferencial troben importants temes d'estudi en els mosaics antics, les escultures modernes i en la ceràmica i arquitectura de tots els temps. Podriem citar com a referència, el llibre "La simetria" de Hermann Weyl.

Al revés, la matemàtica ha contribuït, o ha intentat contribuir, a ordenar o interpretar el sentiment artístic. Com a versió moderna de la divina proporció, podriem mencionar l'obra del gran matemàtic George D. Birkhoff que intentà construir una teoria matemàtica de l'estètica. que aplicà no solament a l'escultura, arquitectura i pintura, sino també a la música i a la poesia. L'arquitecte Christofer Alexander ha aplicat la teoria de grafs a problemes de disseny i sosté que la forma arquitectònica està estretament vinculada a la forma matemàtica. També la teoria de jocs de von Neumann, de moltes aplicacions a la economia, s'ha intentat d'aplicar a l'arquitectura, considerant els projectes com a "jocs d'estrategia" que tracten d'arribar a un disseny òptim a través de succesives decisions, vinculades per restriccions econòmiques, funcionals, artístiques i socials.

Hem volgut mencionar, amb ràpida correguda, alguns dels camps en que la matemàtica, sortint-se dels seus motlles tradicionals, busca aplicacions. Ens hem referit, especialment, al camp de l'art. Podriem haver-ne citat molts d'altres. Actualment la matemàtica, per ser la quintaessència del mètode cartesià per conduir la raó, invadeix totes les disciplines. Àdhuc, proliferen per el món instituts que, amb base matemàtica, tracten de preveure el futur. La bola de cristall i les maquinacions astrològiques són paulatinament desplaçades per responsables estudis matemàtics basats en estadístiques i extrapolacions, avui dia possibles gràcies al gran poder d'emmagatzament de dades de

les computadores. La planificació de les ciutats, la construcció de vivendes, les estructures educatives i la fabricació de productes i materials duradors, signifiquen inversions que necessiten visió del futur. La construcció de cases que han de durar dècades i l'ensenyament a nens que dirigiran el món del any 2000, necessiten de la prognosi de l'evolució tecnològica i social. Cal preveure les necessitats futures d'energia i l'evolució de les poblacions, que si avui es concentren en les grans capitals qui sap si demà, invertint el signe, començaran a desconcentrarse altre vegade cap el camp i muntanya. Son problemes fonamentals, que la matemàtica no pot resoldre exactament, però dels que segurament pot dir alguna cosa. Analitzant dades i estadístiques, potser pugui construir models, per oferir-los i donar a triar les conseqüències.

Alguna cosa podrà dir la matemàtica. Però no tot. La solució dels problemes humans mitjançant el "calculum" de Leibnitz, és una utopia. L'home te reaccions afectives i passionals que escapen a tota llei, fins i tot a les lleis estadístiques. Pensem que això es una sort. Deu va donar-nos memoria com a complement indispensable de la consciència, però en la seva infinita saviesa i bondat va deixar-nos un esdevenir imprevisible, perquè el forgessim nosaltres mateixos. Va donarnos, així, el do invaluable de la llibertat. De nosaltres depèn el conservar-lo.

V. Cloenda.

El Magnífic i Excel·lentíssim Sr. Rector de la Universitat Politècnica de Barcelona donà les gràcies al Doctor Santaló, es congratulà novament de tenir com a claustral al nou doctor i aixecà la sessió.