

<u>Presentació i agraïments</u>	2
<u>La infantesa a Girona</u>	4
<u>Madrid: la "Residencia de Estudiantes"</u>	9
<u>Hamburg: Els inicis de la geometría integral</u>	18
<u>De la Guerra Civil a l'exili</u>	30
<u>L'arribada a l'Argentina</u>	41
<u>De la inestabilitat peronista a l'efervescència intel•lectual de Princeton</u>	50
<u>La consolidació del prestigi i la creació d'una escola</u>	63
<u>Un renovador de l'ensenyament</u>	74
<u>El llegat científic: de la matemàtica a la medicina i la física</u>	81
<u>"Esforça't en el teu quefer..."</u>	92
<u>Bibliografia consultada</u>	104
<u>Publicacions de Lluís Santaló</u>	106

Presentació i agraïments

Paul R. Halmos, un gran matemàtic nord-americà, autor de llibres de gran èxit, té una obra titulada *I have a photographic memory* – tinc una memòria fotogràfica –, on repassa diverses etapes de la seva vida professional a partir de fotografies de gent que ha conegut. La fotografia número 5 és de Lluís Santaló, de qui diu, entre altres coses, que era un dels líders de la petita comunitat matemàtica argentina i que el seu nom va ser, durant molt de temps, sinònim de geometria integral.

Aquest darrer judici, que Halmos no ha estat l'únic a expressar, mostra la categoria científica de Santaló. Nascut a Girona però, per avatars de la vida, convertit en el matemàtic argenti contemporani més important – junt amb Alberto Calderón –, és una figura no prou coneguda ni valorada a casa nostra. Aquesta biografia pretén retre merescut homenatge a una persona que ha assolit a un gran reconeixement tant al seu país d'adopció com dintre la comunitat matemàtica internacional i la trajectòria i l'obra de la qual encara no s'havien exposat a fons.

El llibre barreja la trajectòria vital i professional de Santaló amb l'entorn en què es mogué i les circumstàncies que l'afectaren. És per això que m'he entretingut una mica a exposar la situació de les matemàtiques a Alemanya durant el nazisme o les característiques del peronisme. També m'he estès una mica en l'evolució de la geometria, en l'entorn que hi havia a l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton als anys 50 o en certes aplicacions que s'han derivat de la geometria integral. Crec que tot això permet situar millor la vida de Santaló i valorar la seva obra i que afegeix un atractiu més al llibre.

Escriure la vida de Lluís Santaló ha estat molt gratificant. M'ha aportat coneixements sobre un personatge del qual tenia només unes poques referències i m'ha obligat a endinsar-me en alguns terrenys que no coneixia. L'elaboració del llibre no hauria estat possible sense diverses persones que m'han ajudat. Haig d'agrair en primer lloc l'ajut de Claudi Alsina i d'Eduard Bonet, que em van donar una gran quantitat de documentació i d'explicacions. A més, repassaren els diversos capítols mentre anava elaborant el llibre i feren correccions i ampliacions molt importants. També agraeixo a Enric Trillas la seva revisió de l'original i els seus comentaris.

La germana més petita de Lluís Santaló, Maria, em va proporcionar dades i documentació diversa en una agradable conversa. I per conèixer a fons la vida de Santaló va ser imprescindible l'entrevista enregistrada en vídeo que em va

proporcionar Josep Maria Terricabras, director de la Càtedra Ferrater Mora de la Universitat de Girona. L'entrevista es va mantenir el 1991 , quan Santaló va participar en un curs convidat per la Càtedra. A tots ells, doncs, el meu agraïment per haver fet possible aquest llibre.

Malgrat la distància que ens separa, puc dir que escriure aquest llibre ha estat, en certa manera, convidaure amb Lluís Santaló durant un temps. Una convivència que m'ha permès recórrer la dilatada trajectòria d'aquest catalanoargentí universal.

Gener, 1999

La infantesa a Girona

Hi ha carrers que aparentment tenen poca extensió, però que en realitat neixen molt més enllà del què la vista ens ensenya. És el cas d'un carrer relativament curt, que es troba vora el campus de la Universitat de Girona, a Montilivi. El seu nom: carrer d'en Lluís Santaló i Sors. El seu naixement real l'hauríem de situar a l'altra banda de la ciutat, a la part antiga, molt a prop de les muralles. Concretament, l'inici del carrer es trobaria a la plaça de Sant Pere, ben a tocar del riu Galligants.

Físicament, és obvi que el carrer de Lluís Santaló no neix allà. Però la història que va portar la ciutat de Girona a dedicar aquest carrer al nostre personatge, sí. Perquè va ser en aquella plaça de Sant Pere on el dia 9 d'octubre de 1911 va néixer en Lluís Antoni Santaló i Sors, que amb el temps arribaria a ser un dels matemàtics argentins de més renom internacional i un dels pioners del camp de la geometria integral, a més d'un excel·lent professor.

Forçosament, la vida d'un gironí que acabaria sent tota una personalitat científica a l'Argentina, ha d'estar plena de situacions interessants, algunes ben difícils. I això és el que, junt al seu indiscutible nivell científic i valor humà, dóna un gran interès a la seva trajectòria.

Lluís Santaló va néixer al número 15 de la plaça de Sant Pere, que es troba entre el que havia estat el Portal de França i el riu Galligants. Lluís Santaló era el quart fill de la família que havien creat en Silvestre Santaló i Parvorell i la Consol Sors i Llach. La germana gran, Neus, i el segon, Marcel, no havien nascut en aquella mateixa casa. Havien vingut al món a Camallera, a l' Alt Empordà, d'on era la mare i on l'avi feia de metge. A la casa paterna hi naixeria ja el tercer germà, Joan.

Amb el temps, Lluís Santaló se situaria just al mig d'una família de set germans. Poc després de néixer ell, ho faria la Dolors. I amb un interval de 10 anys sense nous membres, encara vindrien dos fills més: Xavier i Maria.

Tirar endavant una família de set fills no era gens fàcil en aquell temps. El pare – que havia nascut a Albanyà, a l' Alt Empordà – era mestre al "Grup Escolar" que després es diria "Joan Bruguera" i que estava davant d'on ara hi ha l'Hotel Ultònia. Durant la República arribaria a dirigir el "Grup Escolar Ignasi Iglesias", que va ser edificat els anys 30 a la muntanya de Montjuïc i inaugurat pel mateix president Francesc Macià. La mare de Santaló, com era usual en aquell temps, es dedicava a

les feines de la casa, que amb set fills no devien deixar tampoc gens de temps lliure.

Lluís Santaló també va començar a estudiar al Grup Escolar. En aquell temps, els més petits, els de pàrvuls, estaven barrejats: nens i nenes. Però després ja anaven separats. L'escola pròpiament dita tampoc no durava molts anys. L'ensenyament secundari començava als deu. I en Lluís Santaló va anar a l'Institut, al carrer de la Força, allà on avui hi ha el Museu d'Història de la Ciutat. Allà, l'ensenyament tornava a ser mixt, però hi havia moltes menys noies – aproximadament la quarta part.

L'ESTADA A L'INSTITUT

En Santaló encara recorda alguns professors d'aquells anys, ja que, segons explica, els records d'infantesa solen ser els que queden amb més empremta a la memòria. Així, parla de Santiago Almeda. Era el que aleshores s'anomenava un auxiliar – en aquest cas, de lletres. Per cada assignatura hi havia un catedràtic titular, però també hi havia els auxiliars, que no es dedicaven a temps complet a donar classes, però que eren requerits quan el titular no hi era, estava malalt o de viatge o fins i tot si la càtedra encara no havia estat atorgada. Als auxiliars els tocava donar assignatures diferents. L'Almeda un any donava llatí i en un altre moment literatura. En ciències, en Santaló recorda un altre auxiliar: el senyor Espona. Aquest era telegrafista i es dedicava a l'ensenyament per completar el sou, en aquells anys difícils.

El director de l'Institut, el senyor Camps, també era de ciències, concretament, de Física. Una de les coses que fa gràcia recordar a en Santaló són les pràctiques de meteorologia que els feia fer. A l'Institut hi havia instal·lada una petita estació meteorològica, que proporcionava les dades bàsiques. Però era precisament aquella estació la que permetia obtenir les dades que es telegrafiaven a Madrid i que es convertien en les oficials de la ciutat de Girona.

Amb bon criteri pedagògic, el senyor Camps encarregava als seus alumnes que fessin les lectures dels aparells. Els ajudava el senyor Miquel, que era el bidell de l'Institut. Aquesta pràctica meteorològica permetia un cert entrenament als nois i noies i els ajudava a aplicar allò que estudiaven a l'aula. Però no sempre les lectures eren fàcils o no sempre els alumnes tenien ganes de treballar amb tota cura. En ocasions, les ganes de divertir-se podien més que la responsabilitat d'esbrinar el temps oficial a Girona. Era aleshores que es dedicaven a mirar el cel i a intentar classificar els núvols, una mica a la babalà. I aquella gresca juvenil,

aquelles observacions fetes sense gaires ganes – però si més no, amb gràcia – es telegrafiaven igualment a Madrid i es convertien en el temps oficial de la ciutat de Girona. Sense que al servei de Meteorologia s'assabentessin de la forma poc científica com havien estat obtingudes.

Naturalment, un altre dels professors que en Santaló recorda és el de matemàtiques, que, sense saber-ho, estava donant la primera formació en aquesta ciència a un personatge que assoliria un nivell internacional. El professor es deia Lorenzo González Calzada. Santaló diu que era una mica pintoresc, però amb molta empena. A Santaló el va entusiasmar la seva forma d'ensenyar i l'assignatura que impartia. I potser aquí convé destacar, una vegada més, la importància determinant que pot tenir, per a un noi o una noia, tenir bons professors, que poden influir molt positivament en la tria professional que l'alumne faci després. Potser sense l'entusiasme del senyor González, Santaló no hauria triat després les matemàtiques. Potser un altre les hi hauria fet avorrir. No ho sabrem mai, però no està de més destacar el paper que hi devia jugar aquell professor.

COMPANYS IL•LUSTRES

A la classe de l'Institut eren uns 30 alumnes. En aquell temps, a Girona, amb poc menys de 20.000 habitants, tothom es coneixia. I a l'Institut hi havia força contactes entre els nois dels cursos anteriors i posteriors. Per això, en Santaló conserva molts records dels seus companys. I entre ells, hi apareixen també noms il•lustres, alumnes que, uns anys després, com el mateix Santaló, destacarien en el seu camp i es farien també molt coneguts.

Un era l'historiador Jaume Vicens Vives, que havia nascut a Girona un any abans que Lluís Santaló. Professor a l'Institut-escola i després a la Universitat Autònoma, al mateix temps que catedràtic de Geografia i Història a l'Institut de Figueres, el 1939 va patir represàlies polítiques i va haver de dedicar-se a escriure articles amb pseudònim i llibres de divulgació. Sortosament, a mitjan dels anys 40 va poder prosseguir la seva tasca docent – primer com a catedràtic a la Universitat de Saragossa i després a la de Barcelona– i com a investigador. Malgrat les crítiques que rebé des d'alguns sectors – en una època poc fèrtil per a la renovació intel•lectual i el treball científic –, és innegable que Vicens Vives va donar un gran impuls a la historiografia del nostre país i que, trencant amb les tradicions més clàssiques, va adoptar les noves tendències europees, introduint elements econòmics i demogràfics a l'estudi de la nostra història. Això va dur a

una interpretació de Catalunya allunyada dels elements purament romàntics o culturals. També va ser autor d'obres tan importants i conegudes com *Historia de los reinos en el siglo XV*, *Historia social y económica de España y América*, *Industrials i polítics* i *Notícia de Catalunya*. Aquesta darrera es va publicar el 1960, poc abans que una malaltia el dugués a la mort a la ciutat francesa de Lió.

Un altre company il·lustre, en aquest cas de la mateixa edat que en Santaló, era Santiago Sobrequés i Vidal, també historiador. Professor i director d'institut a Terrassa, va ser mobilitzat a la guerra del 36, però va poder prosseguir la seva feina, a partir del 39, a diversos instituts. El 1946 fundà l'Institut d'Estudis Gironins i es dedicà a la recerca històrica, sobretot emmarcada en l'edat mitjana catalana. També col·laborà en la *Historia Social y Económica de España y América*, que dirigí Vicens Vives. Va morir el 1973 també a Girona.

Són aquests els noms més rellevants que es poden destacar com a companys en aquells anys de l'Institut. Tanmateix, queden també personatges molt menys coneguts, però que estigueren molt units a Santaló per una forta amistat. Tal era el cas de dos metges, el doctor Tarrús, oftalmòleg, amb qui Santaló es tractava quasi com un germà, i el doctor Vilahur. També el va unir una gran amistat amb mossèn Manuel Fuentes, que va ser professor a l'Institut i que també era de la plaça de Sant Pere.

A l'Institut, en Santaló ja va demostrar ser un bon estudiant. El seu currículum està ple de matricules d'honor. Potser per això no li va caldre mai anar a les permanències, una mena de classes de repàs que donaven els frares, ja fora de l'Institut. En aquells temps, a Girona l'Església hi tenia una gran influència i no era gens estrany que dels 30 alumnes de la classe uns 25 anessin, en sortir, a classe amb els capellans. Això es produïa, de fet, perquè els maristes tenien una escola – on va estudiar Josep Pla i que aquest descriu a *La primera volada*. Aleshores no tenien permís oficial per impartir el batxillerat i, per això, duïen els alumnes a l'Institut. Allà, un «hermano» els recollia – en alguns casos fins i tot s'esperava dintre la classe, mentre el professor impartia la matèria – i els portava a l'escola perquè fessin els deures. Alguns d'aquests alumnes també hi estaven interns. En canvi, en Santaló era dels pocs que tenien la sort de plegar de l'Institut i poder anar immediatament a casa. I així donar sortida al seu tarannà tan familiar

Acabat l'ensenyament secundari, en Santaló va anar a fer estudis superiors a Madrid. Per què no va anar a Barcelona, on també els podia realitzar? L'explicació rau en els condicionants d'aquella època. El seu pare, que, com hem dit, era mestre, havia hagut de fer les oposicions a Madrid. Els concursos per guanyar places es feien per a tot el territori de l'Estat i calia fer l'oposició a la capital. Per

tant, cada vegada que en Silvestre Santaló havia pujat un esglaió en la seva carrera havia hagut d'anar a Madrid. Fins i tot per obtenir el doctorat calia anar a Madrid – en Matemàtiques, això es va mantenir fins al 1954. Era una centralització absurda i que no donava gaires facilitats, però que també tingué influències positives en Santaló, com veurem més endavant.

El pare d'en Lluís Santaló li va aconsellar que, com ja havia fet el seu germà Marcel, anés a estudiar la carrera a Madrid. Així, a l'hora de preparar les oposicions ja coneixeria l'ambient, la gent, la facultat. Ja no es trobaria com un nouvingut a jugar-se el futur en una sèrie de proves molt competitives. I és per això, pensant que Santaló dedicaria, com el seu pare, la vida a l'ensenyament des d'una plaça de funcionari, que va anar a parar a Madrid.

Però anar a estudiar a Madrid no era tan fàcil per al fill d'una família modesta. Per això, va haver de buscar un lloc on poder viure, sense que el cost fos excessiu. I és així com en Santaló va anar a parar a un lloc emblemàtic, d'un ambient acadèmic i humà extraordinari: la "Residencia de Estudiantes".

Madrid: la "Residencia de Estudiantes"

És així com als 16 anys Santaló viu un gran canvi en la seva vida. De Girona a Madrid. D'una ciutat petita a una altra que s'acostava acceleradament al milió d'habitants – xifra que assoliria abans de la guerra del 36. D'un lloc perifèric dintre de l'Estat – però amb l'enriquiment que proporciona, entre altres coses, una situació propera a la frontera francesa– al punt central del poder polític i econòmic. De la cultura i forma de vida catalanes a una altra manera de ser, d'entendre el món. De la llengua quotidiana, el català, en aquell temps totalment hegemònic al carrer, tot i que relegat dintre del món educatiu, a viure immers en la llengua castellana, dintre i fora de la vida acadèmica.

En aquell moment, la dècada dels vint, Madrid vivia, a més, agitació política. Era l'època de la dictadura de Primo de Rivera. Santaló venia d'una ciutat on les tesis federalistes i progressistes tenien una força creixent. I com veurem més endavant, els seus lligams familiars també el situaven en la línia republicana i d'esquerres.

LA RESIDENCIA DE ESTUDIANTES

Sortosament, Santaló va anar a parar a un lloc on no només hi havia l'ambient ideal per desenvolupar-se en la vida acadèmica i personal en llibertat, sinó també on les idees progressistes eren les predominants. Els orígens de la "Residencia de Estudiantes" – que es trobava, com ara, al carrer del Pinar– cal buscar-los en la Institución Libre de Enseñanza, fundada el 1876 per professors i intel·lectuals apartats dels corrents oficials i que havien estat fins i tot apartats de la carrera docent, en ser suspesa la llibertat de càtedra. D'aquesta institució i amb la influència de Santiago Ramón y Cajal, en sorgí, el 1907, la Junta para la Ampliación de Estudios, que, entre altres coses, atorgava beques per anar a l'estranger i per portar científics de fora a l'Estat espanyol i que creà també diversos laboratoris – entre ells, el Laboratori Matemàtic, creat per Julio Rey Pastor. Una altra de les iniciatives de la Junta va ser la creació, el 1907, de la "Residencia de Estudiantes".

Donats els avantatges del lloc, entrar-hi no era fàcil. La "Residencia" no era cara i encara menys tenint en compte tot el que oferia. Però hi havia places limitades i molta demanda. Sovint les places s'atorgaven tenint en compte algun tipus d'antecedent familiar. I es donava el cas que l'oncle d'en Santaló, Miquel Santaló, havia estat durant un temps a la residència. Després d'estudiar magisteri a Girona

i a Barcelona, va anar a l'Escola Superior de Magisteri de Madrid i aleshores fou resident. Per això, a indicació seva, en Marcel va aconseguir d'entrar-hi. I això va facilitar que en Lluís també hi pogués residir.

La residència era només per a nois, ja que les noies tenien l'anomenada "Residencia de Señoritas", en un altre carrer i amb administració pròpia. Els joves disposaven d'un dormitori, que era individual si s'ho podien pagar o doble si volien una cosa més econòmica. També podien dinar i sopar a la residència, si bé no en tenien cap obligació. Santaló recorda el clima de llibertat de què gaudien. Hi havia dues tandes per menjar. Qui no volgués, no havia d'anar-hi, però mai no es podia servir menjar després del segon torn. El menjar no era res especial i consistia, lògicament, en un menú igual per a tothom. Com a cas especial, si algú no volia menjar allò que hi havia en el menú, li podien fer un parell d'ous ferrats. Els dormitoris no tenien calefacció. I això va obligar Santaló a suportar els fredíssims hiverns de Madrid durant cinc anys.

Els residents no patien cap control. Podien entrar i sortir quan volien, ja que la porta restava oberta. Només els dormitoris es tancaven amb clau. Aquesta manca de control era molt positiva, si bé hi havia gent que no sabia administrar-la prou bé. Un dels qui més aprofitaven les nits de Madrid era el pintor empordanès Salvador Dalí. I si bé, com hem dit, no hi havia controls oficials, d'alguna manera o altra es devia observar la forma de vida de cadascun. És per això que al cap d'un temps a en Dalí se li van posar certs impediments per renovar-li la plaça. Així es posaven entrebancs molt dissimulats, per anar seleccionant els residents. Aquest control subtil també es feia sobre el rendiment acadèmic. No s'obligava ningú a estudiar, però sense que es notés, a poc a poc hi havia una selecció que més aviat deixava allà bons alumnes i evitava acollir els qui tenien baix rendiment.

La varietat dels residents era extraordinària. El 1987 el CSIC –Consell Superior d'Investigacions Científiques– va editar en facsímil la revista *Residencia*, que es va publicar entre 1926 i 1934 gràcies a l'entusiasme del director de l'establiment, Alberto Jiménez Fraud. En el prefaci del gros volum, l'aleshores president del CSIC, Enric Trillas, destacava que a la residència <<eren habituals escenes com aquesta: Einstein parlant, amb Ortega [y Gasset] com a traductor simultani, davant d'un públic de científics, però també de músics, pintors, poetes...>>. Una variada presència d'intel•lectuals o futurs intel•lectuals, entre els quals hi havia Dalí, com hem dit, i també Luis Buñuel i Federico Garcia Lorca.

La revista *Residencia* ens mostra la varietat d'interessos dels dirigents d'aquella institució, la diversitat d'actes que s'hi feien i la gran categoria dels personatges que els residents podien arribar a conèixer. Així, en el primer número hi ha un llarg text que resumeix diverses conferències donades a Madrid per Howard

Carter, el descobridor de la tomba de Tutankamon. També es parla de l'Institut Pasteur de Paris i de les seves filials i es fan propostes per visitar Madrid o fer excursions. Altres textos d'aquest i altres números expliquen les conferències, visites o actes diversos on hi havia anat gent tan diferent com el general C. G. Bruce – explorador –, Herbert George Wells, Jean Giraudoux, Henri Bergson, Paul Claudel, Maria Curie, Arthur Eddington o R. A. Millikan. Entre els espanyols hi havia participacions de Blas Cabrera o Gregorio Marañón. I el mateix Garcia Lorca va impartir una conferència, que s'afanyà a qualificar de purament divulgativa, sobre la imatge poètica de Luis de Góngora. Tot això amanit amb vetllades literàries i musicals. Federico Garcia Lorca també hi va instal·lar el centre d'operacions de la seva companyia de teatre ambulant "La Barraca".

En aquest ambient privilegiat hi havia també l'oportunitat de fer pràctiques en els laboratoris. El 1912 se n'havien creat alguns perquè els estudiants de Medicina poguessin fer pràctiques, afegides a les de la Universitat o per suplir aquelles que no poguessin realitzar. Podien dur a terme també treballs de recerca dirigits per grans especialistes. El 1912 es va crear el de química general, i el d'anatomia microscòpica. Després vingueren els de química fisiològica, serologia i bacteriologia, fisiologia general, histopatologia i d'altres.

La "Residencia" era totalment laica i tenia l'oposició del sector conservador del clergat. Però, en canvi, tenia el suport de grans científics, com el físic Blas Cabrera i el químic català Enric Moles – nascut a Barcelona el 1883 i mort a l'exili, a Mèxic, el 1943. Quan Lluís Santaló va ingressar a la "Residencia", la dictadura del general Miguel Primo de Rivera estava a les acaballes. Faltava poc perquè es proclamés la República, que obligaria el rei Alfons XIII a exiliar-se. Això seria el 1931. Però l'ambient polititzat ja es notava a la "Residencia". Els estudiants devien ser gairebé tots republicans, per bé que alguns n'hi hauria de monàrquics. Amb la República, aquell moviment estudiantil encara va agafar més força, en ser la "Residencia" tractada de forma més positiva pel nou govern.

A la "Residencia" fins i tot hi havia un nebot del dictador: Miguel Primo de Rivera Orbaneja. Era un gran revolucionari i explicava irònicament que havia trucat al seu oncle i que aquest li havia preguntat: <<Com em feu aquestes coses si jo em porto bé?>>

De fet, els estudiants en general van col·laborar molt amb els intel·lectuals a l'hora de fer front al règim. L'abril de 1930 els estudiants llançaren un manifest on deien que <<arribava el moment de sacrificar-ho tot fent honor a la nostra consciència. Siguem nosaltres, estudiants i professors, els que llancem la pedra en aquest bassal pestilent>>.

LA UNIVERSITAT

Lluís Santaló anava a Madrid pensant a estudiar Enginyeria de Camins. Però la llei obligava a fer un primer curs a la Facultat de Ciències. I això no devia agradar a molts futurs enginyers – ni probablement a molts dels seus professors – que desitjaven unes matemàtiques menys pures i més aplicades. En canvi, el que li passà a en Santaló és que es va decantar cap a les matemàtiques pures i va deixar de banda la intenció inicial d'estudiar enginyeria. Els continguts de la carrera de Matemàtiques el van seduir molt més que no pas els problemes en què el càlcul matemàtic s'havia d'aplicar a problemes concrets d'enginyeria.

El seu germà Marcel, cinc anys més gran que en Lluís, ja havia acabat la carrera de Matemàtiques. Quan es va llicenciar, no hi havia oposicions a catedràtic d'Institut, però sí a una plaça en l'Observatori Astronòmic de Madrid. Marcel la va aconseguir. I també va donar classes a l'Institut-Escola, una de les obres de la Institución Libre de Enseñanza. Aquest Institut-Escola tenia catedràtics per oposició, però també professors contractats. Al cap d'un temps, es convocaren oposicions a catedràtic d'Institut i en Marcel va guanyar una plaça. Va estar destinat primer al nord d'Àfrica –a Ceuta o a Melilla – i el 1934 va aconseguir anar a l'Institut de Girona.

Lluís Santaló va estudiar, doncs, a la Facultat de Matemàtiques, que es trobava al carrer de San Bernardo i en el mateix edifici que acollia, en el primer pis, la Facultat de Dret. Era un edifici vell, fred i força atrotinat. I potser s'adeia força amb el sistema universitari espanyol d'aquell temps, que no era cap meravella. Si més no, però, hi destacaven alguns professors molt prestigiosos. Aquest era el cas de Blas Cabrera, d'Odón de Buén, de Julio Palacios i, en matemàtiques, de Julio Rey Pastor, en qui ens entretindrem més endavant. També hi havia Esteve Terradas, que també mereixerà després un espai més ampli.

El sistema universitari d'aquell temps, segons recorda Santaló, era molt estricte. Els professors no tenien un tracte massa familiar o de confiança amb els alumnes. Era més fred. Una altra característica era que no hi havia professors que es dediquessin a temps complet a l'ensenyament universitari. Molts complementaven el sou – no gens elevat – amb classes a les escoles tècniques.

Quant al nivell acadèmic, Santaló recorda que hi havia de tot: alguns professors eren molt bons, però d'altres es preparaven molt poc les classes. En general, l'ambient no era especialment bo per aprendre ni per fer recerca. Ni tan sols consultar llibres a la biblioteca era fàcil. Hi havia el temor que els estudiants

s'enduguessin exemplars i per això s'hi impedia l'accés. Ni tan sols les biblioteques especialitzades eren accessibles. Només es podien consultar els llibres de text més generals. I les revistes per seguir els treballs més actuals, estaven reservades als professors – si és que hi arribaven. Calia demanar permís al professor, però com que no es dedicaven a la Universitat a temps complet, feien la classe i se n'anaven i, per tant, no sempre eren accessibles. En resum, voler aprofundir en la formació era ben difícil.

Aquests problemes eren reflex d'una institució universitària poc dotada i poc evolucionada. No feia gaire – el 1924 – que s'havia dotat les universitats de l'Estat espanyol de personalitat jurídica. A finals de la dècada dels 30 es feren diversos intents governamentals de reformar l'ensenyament superior. Però fou la Segona República la que va donar més mitjans i establir una planificació diferent.

Quant a nombre d'alumnes, el curs 1929–30 n'hi havia a tot l'Estat 33.557, dels quals només 1.744 – el 5,2% – eren dones. Durant la República, el nombre de noies estudiants va augmentar lleugerament, mentre el de nois es va mantenir o fins i tot va disminuir una mica. La majoria d'estudiants estaven a les universitats de Madrid i Barcelona, però la primera era la més gran, tant en nombres absoluts com en proporció a la població. En el cas de la Facultat de Ciències – que aleshores englobava Matemàtiques, Física, Química, Biologia i Geologia en una sola carrera –, n'hi havia, entre alumnes oficials i lliures, uns 800 sumant tots els cursos. En canvi, en Dret superaven de llarg els tres mil i en Medicina els quatre mil. Els qui acabaven els estudis, però, eren molt pocs i no arribaven ni de lluny a un centenar.

L'ESTAT DE LES MATEMÀTIQUES

La carrera de Matemàtiques es podia estudiar a tres universitats: Madrid, Barcelona i Saragossa, que era la més petita de les tres. A altres ciutats no es podia fer la carrera, però també hi havia presència de bons matemàtics, ja que donaven classe a instituts de batxillerat i a escoles d'enginyers i d'arquitectura. I Madrid, tot i ser la Universitat més gran i el lloc on calia anar per fer el doctorat, no era necessàriament el lloc on les Ciències Exactes s'havien desenvolupat més a primers de segle. Com exemple, les principals revistes sorgiren primer, el segle XIX, fora de Madrid. Entre aquestes hi havia *Crónica Científica*, a Barcelona, i *Archivo de Matemáticas Puras Y Aplicadas*, fundada pel catedràtic de la Universitat de València, Lluís Gascó (1846–1899). La creació de la Societat Espanyola de Matemàtiques el 1911 va donar empenta a aquesta ciència i a més va conduir a la

creació de la revista de la institució. Més tard, el 1918, quan Julio Rey Pastor va tornar de l'Argentina, va crear la *Revista Matemática Hispano-Americana*, on col·laborarien matemàtics catalans de prestigi, com ara Orts Aracil, Puig Adam, Esteve Terradas i el mateix Santaló, junt amb figures internacionals, com Hadamard, Hilbert, Klein o Levi-Civita.

El fet que el doctorat s'hagués de fer forçosament a Madrid ja feia desdir una mica a molts estudiants catalans de treure's aquest títol. I, a més, impedia que es realitzessin a Barcelona tesis que haurien anat creant un bon nucli de recerca matemàtica. Malgrat això, cal esmentar alguns noms cabdals. El revifament de les matemàtiques a Catalunya es produeix en el darrer tram del segle XIX, amb figures com el barceloní Laur Clariana (1842–1916), catedràtic de Càlcul Diferencial i Integral a l'Escola d'Enginyers de Barcelona, i el tarragoní Eduard Torroja (1847–1918). Es pot dir que aquest segon va ser el creador d'una escola de la que formarien part el seu fill, Antoni Torroja – catedràtic a Saragossa i a Barcelona, d'on més tard seria rector – i el mateix Rey Pastor. El nom de Torroja ens interessa particularment perquè es dedicà bàsicament a la geometria. Va ser catedràtic de Geometria Descriptiva a la Universitat de Madrid, després de passar per la de València. Amb la carrera desenvolupada ja en ple segle XX, cal esmentar Esteve Terradas, de qui parlarem després; Pere Pi i Calleja i Pere Puig Adam, que sortiran quan parlem de les matemàtiques a l'Argentina; i, evidentment, Lluís Santaló. Un altre nom important és Josep Maria Orts i Aracil, nascut a València el 1891 i mort a Barcelona el 1968, que va ser catedràtic a Santiago de Compostel·la, però que després tornà a la Universitat de Barcelona i esdevingué director del Seminari Matemàtic de la Universitat Autònoma. A més, va fundar la revista *Collectanea Mathematica*. Finalment, cal esmentar Paulí Castells (1877–1956), que va dissenyar el 1906 la balança algebraica, una màquina que permetia obtenir les arrels reals de les equacions algebraiques o transcendents amb una incògnita.

El 1934, Santaló va acabar la carrera. Havia pogut compaginar-la amb el servei militar, que per als estudiants durava nou mesos en comptes d'un any. Tenien també l'avantatge de no haver de dormir a la caserna. Tenia 21 anys i va començar a treballar d'interí en un institut i de professor auxiliar a la Universitat. Poc després, va començar a preparar les oposicions. Però un personatge que havia revolucionat la Universitat i, sobretot, les matemàtiques, va dir-li que perdia el temps i el va aconsellar de marxar a l'estranger. Aquest personatge era Julio Rey Pastor.

Rey Pastor havia nascut a Logronyo el 1888. És un d'aquells personatges importants que apareixen en un ambient més aviat mediocre i amb pocs mitjans. Era un gran matemàtic, però també un intel·lectual d'interessos amplis. Poc després dels vint anys ja era catedràtic i dissertava sobre temes que s'apartaven de la seva especialitat.

Rey Pastor va voler donar un tomb a la forma com s'orientaven les matemàtiques. Quan Rey Pastor va fer el doctorat, el curs 1908–09, el catedràtic de Geometria era Eduard Torroja. Ja hem dit que aquest va crear escola, però també cal dir que va mantenir la geometria en una línia que ja estava esgotant-se. No era fàcil en aquell moment adonar-se de la necessitat de renovació, però Rey Pastor, que havia estudiat a Saragossa, arribava amb idees noves i entenia que

calia aplicar la teoria de conjunts a les matemàtiques. La majoria de treballs que havia publicat Rey Pastor eren d'àlgebra i de teoria de nombres.

Rey Pastor tenia empena juvenil, però guardava precaucions. Tot i la seva oposició a postures oficials, no es podia jugar el *modus vivendi*. Per això en ocasions afluixava en les seves postures i per no tenir massa dependència d'un sol sou va treballar sempre a llocs diversos. L'exemple més extrem dels treballs simultanis el va donar quan a partir de 1921 va ser professor a Buenos Aires i a Madrid. I en temps en què els viatges transoceànics encara no es feien en unes quantes hores d'avió, sinó en uns quants dies de vaixell. Això sí, aprofitant que quan a l'Argentina era estiu i es paraven les classes a Europa era hivern i estaven en plena activitat. Això només li permetia, però, passar a Madrid uns mesos a l'any.

Gràcies als ajuts de la Junta para la Ampliación de Estudios, Rey Pastor havia fet viatges de formació a Alemanya i conferències a l'Argentina. En aquest darrer país, va ocupar la càtedra de Cultura Espanyola el curs 1917-18. Va iniciar dos cicles de conferències, que van tenir un gran èxit de públic i que foren resumits per la premsa general. El mateix curs, la Universitat de La Plata i la Societat Científica també el convidaren. Quan el juny de 1918 els estudiants de la Universitat de Córdoba donaren a conèixer un manifest que qüestionava el paper de les universitats a la vida del país, es va iniciar una onada reformista. Un grup d'estudiants del curs de Rey Pastor va demanar al degà de la Universitat de Buenos Aires que el contractés com a professor. I així es va fer el 1921. Va ser professor a l'Argentina fins al 1952, quan va ser destituït. El 1955 es va reincorporar i ja no va deixar-ho fins a la seva mort, a Buenos Aires mateix, el 1962. El viatge a l'Argentina de Rey Pastor no només va ser molt important per a aquest, sinó que va tenir una influència decisiva en la carrera de Santaló.

Un altre personatge determinant en la carrera de Lluís Santaló va ser Esteve Terradas i Illa. Havia nascut a Barcelona el 1883. De molt petit es va quedar orfe de pare i el seu tutor, un oncle que era sacerdot, el va enviar a fer l'ensenyament primari a Alemanya. Potser aprendre ja de petit una llengua tan diferent a la nostra com l'alemany li va atorgar més facilitat per als idiomes. El cas és que Terradas tenia una personalitat intel·lectual excepcional. Parlava i escrivia amb tota desimboltura català, castellà, alemany, anglès, francès i italià. Als 22 anys va llegir dues tesis doctorals: una de física i una altra de matemàtiques. El 1908 obtenia el títol d'Enginyer Industrial i el 1918 el d'Enginyer de Camins.

D'idees conservadores, durant la dictadura de Primo de Rivera va ocupar la càtedra d'Equacions Diferencials a la Universitat Complutense de Madrid, però amb la República el varen cessar i va tornar a Barcelona. El 1932 va ser elegit vocal de la Unió Matemàtica Internacional. L'octubre de 1936, poc després d'esclatar la Guerra Civil, Terradas se' va anar a l'Argentina, on seria professor de

la Universitat Nacional de La Plata i d'on tornaria el 1941. Finalment, va dirigir la càtedra de Física Matemàtica, novament a la Complutense, fins a la seva mort, el 1950.

Terradas va ser un científic destacat, que va aprofitar els moviments que hi començava a haver a la seva època per remoure l'anquilosada universitat i el món de la recerca. Aprofitant els mitjans que la Mancomunitat de Catalunya va esmerçar en el camp científic i tècnic, va portar a Barcelona científics de gran prestigi, entre els quals destacà Albert Einstein. La Junta para la Ampliación de Estudios va pagar perquè, aprofitant el mateix viatge – el 1923 –, Einstein anés a Saragossa i a Madrid. A Barcelona, la visita d'Einstein va tenir un gran impacte popular i científic. I sempre va estar acompanyat de Terradas, per qui sentia una gran estima i de qui va arribar a dir, amistosament, en una ocasió, que entenia la teoria de la relativitat millor que no pas ell. Terradas també va contribuir al fet que Rey Pastor entrés en contacte amb la comunitat matemàtica catalana, cap al 1915.

Entre els anys 1932 i 1936, mentre ensenyava a Barcelona, Terradas va crear el primer centre d'investigació matemàtica a Catalunya. Ell mateix i Antoni Munné feien les classes. El centre el dirigí, entre 1935 i 1939, Pere Pi i Calleja. Aquest darrer va ser professor a la Universitat de Cuyo, també a l'Argentina, a partir del 1942 – abans va estar a Paris. Finalment, va ser catedràtic a Múrcia, Saragossa i a Barcelona. Explicarem amb més detall a seva trajectòria al capítol 5.

Com a enginyer, Terradas va rebre nombrosos encàrrecs de la Mancomunitat, que el va nomenar director de la nova xarxa Telefònica – una de les grans obres de Prat de la Riba. També va projectar ferrocarrils, entre els quals hi va haver el Metropolità subterrani de Barcelona. I el 1940 va projectar un nou aeroport per a Buenos Aires.

Aquest darrer projecte fa tornar a sortir el nom de l'Argentina. Rey Pastor, Terradas, Pi i Calleja... Quantes referències a aquell país llatinoamericà! No és estrany que finalment Lluís Santaló anés a viure-hi. Però abans, havien de passar encara moltes coses.

Rey Pastor va remoure la Universitat. Va fer comprar llibres i revistes i va fer obrir la biblioteca als alumnes. També tenia una obsessió: calia portar científics estrangers i fer sortir els del país a fora. A Santaló li va dir que perdia el temps preparant oposicions i fent de professor. Calia que anés a fora. Ell i Terradas el varen aconsellar d'anar a Alernanya, concretament a Hamburg. Hi havia l'opció d'anar a Paris, ja que França tenia un nivell altíssim en matemàtiques. També es

podia anar a Berlín. Però Hamburg semblava, com a ciutat i com a universitat, més petita i assequible, un lloc on seria més difícil trobar-se desarrelat o desorientat.

Santaló dubtava. Havia estat donant classes en un institut de creació recent. Tenia a classe uns trenta-cinc alumnes i no se li havien presentat problemes de disciplina, al contrari que a d'altres professors, ni didàctics. El director li va aconsellar que no ho deixés, que tindria una plaça fixa que li permetria viure amb certa comoditat. Amb el càrrec de professor d'ensenyament mitjà només hauria tingut dues hores de classe diàries i un sou acceptable. El primer any, a més, no podia demanar llicència per anar a l'estranger.

Però Lluís Santaló confessa que mai no ha estat una persona que prengués decisions i que sempre ha deixat que el destí el portés a ell. És per això que quan en Rey Pastor li va dir que ho deixés, que més endavant ja aconseguiria una plaça, li va fer cas i va acceptar d'anar a Alemanya. Li varen aconseguir una beca de la Junta i el 1934 va marxar. A Hamburg començava una nova etapa en la seva vida.

Hamburg: Els inicis de la geometria integral

Lluís Santaló va arribar a Hamburg el 1934 i hi va passar dos anys. Tot i que Alemanya era potser la primera potència mundial en matemàtiques, no eren bons temps, aquells, ni per als matemàtics ni per als científics en general. Ni tan sols, com sabem, per a la resta de ciutadans.

El 1932, el Partit Nacionalsocialista d'Adolf Hitler es va convertir en el que tenia més representació al Parlament–*Reichstag*. La crisi econòmica havia afavorit que unes propostes demagògiques i populistes arrellessin entre la classe treballadora, que patia un atur creixent i els efectes d'una inflació gegantina. La petita burgesia també donava suport a Hitler. Finalment, els grans industrials, per contrarestar el poder de l'esquerra, també van decantar-se pels nazis. El gener del 1933 Hitler va ser designat nou canceller i va començar la persecució dels seus rivals directes, primer, i de tothom que no fos ari i no fos favorable a les seves tesis, després. El febrer va acusar els comunistes de l'incendi del *Reichstag* i a partir del 1934 va crear la macabra Gestapo i va començar la persecució total de jueus i de membres d'altres ètnies. Fins i tot en la nit dels coltells llargs, el 30 de juny de 1934, va fer assassinar, a més de molts rivals, membres moderats del seu propi partit.

La història del nazisme i del que va significar és prou coneguda. Aquí només introduïrem algunes referències que permeten entendre l'ambient que Santaló va trobar a Alemanya. Als anys 20, les publicacions matemàtiques alemanyes tenien una importància de primer ordre. En els anys 30, s'observa, però, un cert declivi. Els articles en alemany disminuïren i les principals revistes, *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* i *Zentralblatt für Mathematik*, competien per ocupar el primer lloc. Però tot i que parlem de declivi, cal destacar que la comunitat matemàtica alemanya era encara prou forta i àmplia com per mantenir aquestes dues publicacions, cosa impensable a altres països.

Amb Hitler al poder, la ciència continuava funcionant en la forma habitual, però també apareixia una "ciència nazi", que intentava impregnar totes les disciplines amb les idees racistes del seu líder. Naturalment, hi havia ciències que de seguida varen patir les conseqüències d'aquesta política. La biologia tenia una relació directa amb les teories sobre la supremacia d'unes races. Les matemàtiques, més abstractes, no eren tan fàcils de manipular ni semblaven tenir una utilitat ideològica directa.

Tanmateix, l'ensenyament oficial tenia una manera particular d'ensenyar les ciències. Així, no és estrany trobar en llibres de text de l'època problemes on es fa

calcular quants diners costa a l'Estat mantenir persones malaltes o poc dotades i què es podria fer amb aquests diners. El 1921 s'havia creat l'Associació Matemàtica del Reich, per defensar els interessos dels matemàtics i de la matèria en si en programes escolars i universitaris. El 1933, l'organització, com totes les del país, es va situar en l'òrbita nazi i va afavorir la propagació de la ideologia en els manuals escolars. I així sorgiren exemples com l'esmentat. D'altra banda, el premi Nobel de física de 1905, Philipp Lenard, volia donar a l'ensenyament de les matemàtiques un contingut molt bàsic, suficient per introduir-se després en la <<física alemanya>>, tot eliminat producte <<jueus>> com ara la Teoria de la Relativitat.

Un altre exemple es va produir en una conferència feta el 13 de juliol de 1933, quan Ludwig Bieberbach va relacionar el pensament intuïtiu i les races. Bieberbach va reprendre la tipologia de la percepció, elaborada per Jaensch – que establia dos grups, alemanys i jueus– i la va combinar amb categories racials. Després va descriure diferents formes de transmissió del pensament matemàtic segons la raça, l'origen o la nacionalitat de l'investigador.

El règim nazi va realitzar una depuració de funcionaris, tant per la seva raça com per la seva ideologia o fins i tot les seves tendències sexuals. Un dels primers matemàtics a patir-ho va ser Otto Blumenthal, deixeble de l'eminent David Hilbert, que era d'origen jueu. Els pacifistes Fritz Noether i Hans Rademacher el seguien. Però el fet més greu va ser el desmantellament, en només 8 mesos – entre abril i novembre de 1933– de l'Institut de Matemàtiques de Gottingen. Al novembre, només Edmund Landau restava a l'Institut. Tots els matemàtics de vàlua havien marxat. I Landau va patir el boicot, amb piquets inclosos, dels joves nazis, dirigits per Oswald Teichmüller. Aquest darrer és l'únic matemàtic realment prestigiós que va ser, al mateix temps, un nazi convençut. Destacaren els seus treballs sobre la teoria de funcions i de superfícies de Riemann, amb contribucions fetes a partir de la teoria dels espais de Hilbert, l'àlgebra i la teoria de conjunts. Malauradament, també va ser destacada la seva col•laboració amb el règim.

A tots aquests processos cal afegir-hi la sobrecàrrega d'estudiants a la Universitat i les nefastes perspectives professionals que tenien. Això no era privatiu de les matemàtiques, sinó que es donava també en altres ciències. Però en tot cas anava degradant la situació. Les depuracions, les pressions, el desànim van portar al costat contrari: entre 1933 i 1939 el nombre d'estudiants de matemàtiques va disminuir de manera accelerada. El 1939 només eren un 7% dels que hi havia sis anys abans.

Els matemàtics tampoc no podien ser aprofitats amb la mateixa facilitat que altres científics pel règim. Tot i que les matemàtiques estan a la base de qualsevol ciència, els dirigents alemanys no hi trobaven el mateix benefici immediat que amb metges, biòlegs o enginyers. Però si que varen ser utilitzats per fer càlculs complexos en construcció de coets, en balística i per trencar codis secrets. Fins i tot al camp de concentració d'Oranienburg-Sachsenhausen, s'hi va crear un departament de Matemàtiques, dintre de l'Institut de Recerques Aplicades per a les Ciències Militars. Allà hi treballaven tant matemàtics alemanys com estrangers.

Una llista de científics que a partir de 1933 varen haver de deixar Alemanya seria molt llarga. Prenent només uns quants noms il·lustres es poden esmentar Albert Einstein, Erwin Schrödinger, Max Born, Hans Bethe, Fritz Haber, Otto Loewi, Hans Krebs i Max Delbrück. Curiosament, hi va haver alguns llocs on la gosadia i enginy d'algunes persones va permetre continuar amb les tasques que s'estaven fent abans de 1933. I un d'aquests llocs era la Universitat d'Hamburg, on els professors aconseguiren d'oposar-se a l'arribada de gent de fora i simularen que acceptaven i complien les directrius del règim, seguint però amb les seves activitats i línies anteriors.

L'ESTADA A HAMBURG

És aquesta la situació que va trobar Santaló quan va arribar a Hamburg, en el primer viatge que feia a l'estranger. Allà anava directament a contactar amb Wilhelm Blaschke. Rey Pastor el coneixia i a més es dedicava a la geometria, que era el camp cap al qual ja tenia tendència en Santaló. Va formar part d'un reduït grup d'una desena d'estudiants – entre alemanys i estrangers –, cosa que facilitava la cohesió del grup. Entre ells hi havia un xinès que es deia Shiing Shen Chern i que després seria professor a Berkeley. Més endavant, Santaló el destacaria com un dels matemàtics més importants de la seva època.

Tant la grandària de la Universitat com la de la ciutat permetia una relació amistosa entre professors i alumnes. Sovint els convidaven a prendre el té a casa i podien conversar sobre temes diversos. Santaló vivia a més en una pensió, amb una família alemanya que tenia un fill de la seva edat. Això li va facilitar la relació i l'aprenentatge de l'idioma.

Sobre això darrer, Santaló destaca que no li era gens fàcil aprendre'l, però que en matemàtiques hi ha un llenguatge universal i una nomenclatura que varia poc. Una altra cosa era entendre's amb la gent. Santaló anava a algunes conferències, però no hi podia copsar gaire cosa.

La beca de la Junta li permetia viure amb certa comoditat. Comparada amb la que tenien estudiants de països de l'Est, era força generosa. Així podia viatjar una mica, visitar Berlín... Mentre, però, Santaló observava com el nazisme augmentava el seu pes. Per veure com evolucionaven les coses no li calia aprendre gaire alemany. Contemplava la força de la propaganda, les manifestacions de la gent. Semblava que tothom s'hagués tornat partidari del nazisme. Naturalment, el problema era que els contraris al règim o bé havien hagut de marxar o s'havien amagat o, en tot cas, no podien exterioritzar les seves idees pel carrer.

Santaló, tot i veient les grans manifestacions, observant els moviments rígids, mecànics dels soldats alemanys, no podia pressentir que es preparava una època difícil, horrorosa. No s'imaginava que hi hauria una guerra i que es produiria el genocidi que es va esdevenir. Li semblava tot una cosa més aviat folklòrica, de molta propaganda, molta pancarta i molta bandera. Malauradament, aviat el nazisme va mostrar el seu vertader rostre.

A Hamburg, entre els professors i els companys de Santaló, ell no va observar activitat política. Potser per això van poder seguir fent més o menys la recerca que conduïen. Potser en facultats de lletres hi havia més moviment, més pressions. Però en aquells seminaris d'Hamburg aprofitaven el temps per fer recerca i se situaven, sortosament, una mica al marge de tot. El que si podia observar era la situació de pobresa que havia facilitat l'ascens de Hitler. Coneixia matemàtics reconeguts que havien de passar tot el dia amb l'entrepà que es duïen de casa. Ni tan sols es podien permetre sortir a prendre un cafè. Amb la beca de la Junta, Santaló es regalava alguns petits luxes, com ara anar algun dia a menjar a un restaurant. Però ni els estudiants ni els professors alemanys no tenien mitjans per acompanyar-lo.

L'EVOLUCIÓ DE LA GEOMETRIA

Santaló va arribar en un moment històric poc agradable. Però quant a l'aspecte matemàtic no podia ser més oportú. Blaschke s'havia dedicat uns anys a la geometria de teixits, però considerava que aquell camp gairebé estava esgotat. El nom del tema va provocar malentesos: una divertida anècdota recollida per Claudi Alsina i Miguel de Guzmán és que Blaschke es va trobar una invitació provinent de la Xina per anar a una convenció de fabricants de teixits. Però el tema no tenia res a veure amb la roba.

Precisament, Santaló destaca la sort d'arribar a Hamburg just quan Blaschke considerava esgotada la teoria dels quadriteixits. Just el 1934 va decidir de

començar amb un tema nou: probabilitats geomètriques, el que després s'anomenaria geometria integral. Aquest darrer nom el va posar Blaschke mateix. Al principi, els treballs anaven numerats i el número quatre sobre el tema era del propi Santaló. L'estada amb Blaschke li va permetre realitzar la tesi i fins i tot publicar-la. I després tornar a Madrid amb els coneixements sobre un tema nou i la possibilitat de començar a publicar coses.

Cal destacar la figura del matemàtic que va acollir Santaló. Wilhelm Johann Engen Blaschke havia nascut a Graz –Àustria– el 1885 i va morir a Hamburg el 1962. Va rebre una sòlida formació matemàtica, entrant en contacte amb Bianchi, Klein, Hilbert i Runge. Cap al 1911 va treballar a Bonn amb Study i amb Engel. Va ser catedràtic a Praga (1913), Leipzig (1915), Königsberg (1917) i Hamburg, on va exercir des de 1919. Va destacar sobretot per formar una gran escola, amb deixebles com ara Hasse, Hecke i Artin, entre d'altres. Va treballar en geometria diferencial, variable complexa, geometria integral i d'altres camps, essent pioner de la geometria diferencial topològica, on començà l'estudi de les transformacions diferenciables invariants. Nombroses fórmules, teoremes, funcions i resultats porten el seu nom.

LA GEOMETRIA I ELS SEUS ORÍGENS

Parlar de la geometria és pràcticament referir-se als inicis de les matemàtiques. Aquestes nasqueren de la necessitat de resoldre problemes pràctics, com ara càlculs en el comerç, dimensions d'un terreny o la relació entre les posicions dels astres i les estacions. Però va ser la geometria la que va proporcionar la primera forma axiomàtica de les matemàtiques. El seu nom significa <<mesura de la Terra>> i això ja ens indica la seva primera aplicació. Però en general la geometria tracta d'espai, de corbes, de superfícies, de construccions, de transformacions. Com C. F. Klein la definí el 1872, <<cada geometria considera un espai i un grup de transformacions d'aquest espai, essent característics de cada geometria els conceptes que romanen invariants per a les transformacions considerades>>.

Els primers treballs en geometria foren intuïtius i pràctics, basats tots en mesures i en les seves relacions. Va ser Tales de Milet (630 aC– 546 aC) qui va fer unes primeres demostracions, que inclouen el seu famós teorema: dues rectes que tallen un feix de paral·leles hi determinen segments proporcionals.

Tota la tradició grega va ser recollida per Euclides – de qui gairebé només se sap que va viure cap a l'any 300 aC – en els 13 volums dels seus *Elements*, que

tractaven també d'àlgebra i aritmètica. Les 495 proposicions de l'obra estan deduïdes dels cinc postulats anomenats d'Euclides. Aquests cinc postulats són: donats dos punts qualssevol hom pot traçar una recta que els uneix; tota línia recta finita es pot prolongar indefinidament; donat un punt qualsevol, hom pot traçar una circumferència amb radi arbitrari i centre en el punt esmentat; tots els angles rectes són iguals entre ells; i donada una recta i un punt exterior, hom només hi pot fer passar una recta paral·lela a la recta donada.

Va ser precisament el cinquè el que va comportar una gran revolució en la geometria. Però per això va caldre esperar molts segles. Abans, però, nasqueren branques de la geometria, com la geometria analítica – ideada per Fermat i per Descartes –, la geometria projectiva – de J. V Poncelet, J. Steinmer i K.G. von Staudt – i la geometria descriptiva – iniciada per Monge.

Durant molt de temps, la geometria d'Euclides va ser considerada com el model ideal per a descriure la realitat. Per als grecs, l'espai matemàtic era diferent de les percepcions sensorials de l'espai real. Es tractava de simples abstraccions. Però fins al començament del segle XIX, pràcticament tots els matemàtics estaven convençuts que l'espai d'Euclides descrivia les propietats de l'espai real. Tot i així, en el segle XIX cristal·litzaren els treballs que feren sorgir les geometries no euclidianes. La formulació del cinquè postulat d'Euclides, exposada en els *Elements*, es considerava massa complexa comparada amb les altres. A més, els intents de demostrar el cinquè postulat a partir dels altres quatre – cosa que donava la coherència interna total a tot el sistema – no reeixiren, si bé en aquest procés alguns autors cometeren errors que feien pensar en l'exactitud de les tesis d'Euclides.

El segle XIX, l'alemany C. F. Gauss (1777–1855), el rus N. I. Lobatxevski (1793–1856) i l'hongarès J. Bolyai (1802–1860) realitzaren treballs que finalment portaren a la creació de les geometries no euclidianes. Gauss, un geni de les matemàtiques, ja es va adonar als 12 anys que el cinquè postulat d'Euclides significava un problema. Uns anys més tard va pensar que no es podia deduir dels altres. Lobatxevski va publicar el seu treball el 1829, mentre Bolyai ho va fer el 1833, després de desenvolupar-lo de manera independent del seu col·lega.

De geometries no euclidianes, n'hi ha bàsicament dues: la de Lobatxevski i la de Riemann. Aparentment, escapen a la lògica quotidiana. Així, diuen que dues línies poden tallar-se sempre, que pot no existir una línia paral·lela o que els angles d'un triangle poden sumar més o menys de 180 graus. Per això, sembla que sigui una abstracció aliena a la realitat. Però si hom pensa en una superfície esfèrica, per exemple, i com a línies els cercles màxims, aleshores hom té una geometria on aquestes propietats tan poc euclidianes són perfectament

versemblants. Substituint el pla per qualsevol altra superfície podrem elaborar una geometria no euclidiana.

Altres construccions matemàtiques també s'havien considerat alienes a la realitat. Això es va pensar de les geometries de més de 3 dimensions, ja que la nostra percepció només capta una geometria en tres dimensions. Tanmateix, quan Einstein va elaborar la seva Teoria de la Relativitat Restringida, el 1905, es va recolzar en una geometria no euclidiana. I encara que les deduccions de les teories d'Einstein també escapin a la nostra lògica quotidiana, han estat comprovades nombroses vegades i fins ara mai no s'han revelat falses.

Això ens duria a discutir si les matemàtiques són un reflex de la realitat o una abstracció, si són una creació humana o l'expressió d'unes regles de la natura. Aquest debat queda fora dels objectius d'aquest llibre. En tot cas, hem volgut donar unes pinzellades sobre la geometria, el camp que va triar Lluís Santaló. Ara ens toca descriure en què consisteix la geometria integral, l'especialitat on Santaló fou un dels pioners.

LES PROBABILITATS GEOMÈTRIQUES

Per explicar les característiques de la geometria integral és bo seguir el fil de les explicacions del mateix Santaló. El novembre de 1991 Lluís Santaló va impartir un cicle de conferències a la Càtedra Ferrater Mora de la Universitat de Girona, sota el títol "La matemàtica, una filosofia i una tècnica " – les conferències foren editades el 1993 en català per Eumo i el 1994 en castellà per Ariel. A més d'oferir la seva visió sobre aquesta ciència, Santaló traçava una breu història d'alguns aspectes de les matemàtiques. Per això, utilitzarem els seus propis textos per explicar l'origen de la geometria integral.

En la seva explicació, Santaló exposa abans l'origen i evolució de la teoria de probabilitats, ja que sense aquestes explicacions no es pot entendre en què consisteix la geometria integral. Santaló comença dient que <<El concepte de probabilitat, en la seva forma intuïtiva i més o menys vaga, data dels temps més remots. Si més no, ha de ser tan antiga com els primers jocs d'atzar – concebuts per l'home per tal de distreure's o de provar la seva sort – ja que tot joc duu implícita la probabilitat major o menor de guanyar i, en conseqüència, la possibilitat d'equilibrar la proporció entre la quantitat jugada i els guanys possibles.>> Santaló afegeix que la vida en llibertat és <<una presa continua de decisions, en cada una de les quals cal avaluar la possibilitat d'aconseguir els

objectius desitjats>>. Fer aquesta avaluació és, doncs, l'objectiu del càlcul de probabilitats.

Alguns jocs i els problemes que feien sorgir eren relativament senzills. Però amb jocs més complicats o pensant en probabilitats més complexes calia recórrer a matemàtics, que a partir d'aquí podien fer treballs que contribuïen al desenvolupament de les matemàtiques. El primer exemple que Santaló esmenta és el problema resolt per Galileu a *Considerazioni sopra il giuoco dei dadi*. L'anàlisi es basava en el joc anomenat passadeu, que consistia en llançar tres daus a la vegada i obtenir una suma superior a deu. En principi, semblava que el joc era equitatiu i semblava que hi havia les mateixes probabilitats de guanyar que de perdre. En canvi, algú va observar que el número 11 sortia amb més freqüència que no pas el 12 i el 10 més que no pas el 9 .

Galileu va fer observar que el fet es deia que si bé hi ha les mateixes combinacions que poden donar aquestes sumes, en el cas del 9 n'hi ha un (3,3,3) que només es pot presentar d'una forma. En canvi, per al 10, per exemple, qualsevol opció, com ara (4,3,3) té més d'una possibilitat el 4 pot sortir en un qualsevol dels tres daus.

Els problemes de càlcul de probabilitats es van anar complicant. Fermat i Pascal van tenir correspondència sobre un cas més complicat, que feia referència a les probabilitats de guanyar quan s'apostava a treure un 6 un nombre determinat de vegades consecutives. L'interessant és que la correspondència entre tots dos científics francesos va fer entrar el càlcul de probabilitats de ple entre les disciplines científiques. El primer llibre sobre la matèria el va publicar el físic neerlandès Huygens pels volts de la mateixa època (el 1654) i es titulava *De Rationibus in ludo aleae*.

Arribem al problema que més tard donaria lloc al sorgiment d'una nova branca de la geometria. I el problema no el va plantejar un matemàtic, sinó un naturalista: Georges Louis Leclerc, comte de Buffon (1707–1788). Autor d'una Història Natural en 36 volums, havia tingut en la seva joventut, segons explica Santaló, inclinació per les matemàtiques, tot i que no s'hi va distingir especialment. Tanmateix, el 1777 encara va publicar, dintre del volum IV del Suplement a la Història Natural, un opuscle titulat *Essai d'Aritmethique Morale*. És aquí on es troba l'origen de les probabilitats geomètriques. A part de diverses consideracions més aviat filosòfiques, Buffon constata que <<l'anàlisi ha estat l'únic instrument que fins a la data d'avui s 'ha utilitzat en la ciència de les probabilitats, com si la geometria no fos adient per aquests fins, quan en realitat n'hi ha prou amb una mica d'atenció per observar que l'avantatge de l'anàlisi sobre la geometria és tan sols accidental, i que l'atzar és tan propi de la geometria

com de l'anàlisi>>. I afegia que per demostrar-ho n'hi havia prou amb inventar jocs basats en l'extensió i les seves relacions.

Buffon esmenta el joc anomenat de *franc carreau*, que consisteix a llançar una moneda sobre una superfície quadriculada i intentar que caigui dintre un dels quadrats sense tallar cap línia. Buffon, després, descriu un joc de la seva invenció, que considera adient per fer càlculs de probabilitat geomètrica. Es tracta de dibuixar diverses línies paral·leles, situades a una distància D , i llançar una agulla de longitud a . Es tracta de calcular la probabilitat que l'agulla talli alguna de les rectes paral·leles. El problema anomenat des d'aleshores "de l'agulla de Buffon", té solució amb la fórmula $p = 2 a / \pi D$. Buffon ho demostra de forma directa.

Tal com diu Santaló, <<es considera que amb aquest problema neix la teoria de les probabilitats geomètriques. Tal com veiem, es tracta d'un joc d'atzar per a la solució del qual no és possible de *comptar* els casos possibles i els favorables – com esdevé en els jocs discrets, com els daus i les cartes –, sinó que cal *mesurar* aquests casos. La diferència entre *mesurar* i *comptar* és la que distingeix la geometria de l'anàlisi o de l'aritmètica>>.

En el cas del problema resolt per Galileu, exposat abans, només calia analitzar tots els casos possibles. En els jocs de cartes o daus, sempre era possible quantificar les situacions possibles i, entre elles, els favorables. Però en el cas de l'agulla de Buffon això ja no és possible, perquè la diversitat i infinitat de posicions de l'agulla sobre el pla ho impedeix.

Segons Santaló, <<una de les armes més poderoses de què la matemàtica disposa per al seu progrés és la de generalitzar a partir de resultats concrets i particulars>>. En el cas concret del problema de l'agulla de Buffon, la generalització es pot fer suprimint la condició que la longitud de l'agulla (a) sigui igual o menor que la distància entre les línies (D). En el cas que a sigui més gran que D , el problema, diu Santaló, es pot resoldre sense dificultat, però el resultat és complicat <<i en faltar-li simplicitat, està també mancat de la bellesa que presideix la matemàtica creadora quan no persegueix una finalitat pràctica determinada. Té poc interès>>. Aquesta afirmació ens permet destacar una visió que no és aliena ni a les matemàtiques ni a altres ciències – com la física –: sovint entre diverses solucions els investigadors es decanten per la més bella.

Santaló explica que el resultat del problema torna a ser simple si en comptes de demanar-nos si l'agulla talla o no alguna recta ens preguntem pel valor mitjà – o esperança matemàtica – del nombre de punts d'intersecció de l'agulla amb les paral·leles.

Santaló exposa després casos més generals, però aparentment molt més complexos. Així, descriu el problema quan es llança una línia poligonal. Una altra versió és llançar una corba sobre una quadricula.

Santaló acaba dient que aquests i molts altres problemes comentats per Buffon <<no semblen tractables amb la matemàtica actual. Fins i tot alguns altres, molt més concrets i, pel que sembla, molt més simples, no han estat pas resolts, per exemple el càlcul de la probabilitat d'aparició de cada cara en llançar un dau amb forma de prisma, de secció quadrada però d'altura diferent del costat de la base, és a dir, diferent d'un cub>>.

Santaló finalment explica el mètode Monte Carlo. Té el seu origen en la idea que, en el cas del problema de l'agulla, per exemple, fer l'experiència prou nombre de vegades permet estimar la probabilitat, segons el nombre de casos favorables respecte al total. Naturalment, per això cal que la prova es repeteixi moltes vegades. Com sabem, quan tirem un dau perfecte les probabilitats que surti un valor, són iguals per a tots 6. Però si llancem el dau sis vegades és altament improbable que surti una vegada cada un. En canvi, amb un nombre suficient – centenars o milers de vegades – els resultats tendeixen a igualar-se. En el cas de l'agulla, el 1850 P. Wolf va fer el càlcul, llançant-la 5.000 vegades. A partir del nombre de casos favorables – que van ser 2.532 –, va calcular p . 1 amb la fórmula descrita per Buffon, va deduir el valor de π . En aquests i altres casos Santaló considera que aquest valor era massa bo tenint en compte el nombre de proves realitzades i que potser s'havia fet servir el mètode d'*optical stopping*, que consisteix a aturar l'experiència en un moment favorable.

Si en comptes de calcular π utilitzem el seu valor en la fórmula, podem calcular la longitud de qualsevol corba. El 1812, Laplace va afirmar: <<Així, es podria fer servir el càlcul de probabilitats per rectificar corbes o quadrar superfícies, però sens dubte els geomètres no empraran mai aquest mitjà>>. Tal com destaca Santaló, Laplace s'equivocava, ja que aquestes fórmules s'han utilitzat per mesurar longituds de corbes sobre preparats microscòpics. Però a més Laplace no podia suposar el gran camp que s'obriria a aquesta mena de càlculs en el futur.

Ja en el segle XX, els ordinadors van permetre realitzar milers de simulacions aleatòries, suplint així el sistema empíric i laboriós d'anar llançant agulles o corbes. I això és la base del mètode Monte Carlo. La primera referència sobre el mètode sembla ser del 1949 i la va fer Stanislav Ulam. Aquest autor i John von Neumann van ser els primers a aplicar-lo a problemes de física. Més tard, explica Santaló, el mètode ha estat molt utilitzat en matemàtica aplicada. I avui és usual veure'l aplicat en recerques biològiques o mèdiques.

LA GEOMETRIA INTEGRAL

Després d'aquesta exposició, estem en condicions d'entendre el naixement i evolució de la geometria integral. Com hem dit, les probabilitats geomètriques impliquen mesurar i no comptar. Però calia aleshores desenvolupar mètodes per mesurar conjunts de segments congruents – com ara posicions de l'agulla. Al principi això es va fer intuïtivament, però a la segona meitat del segle XIX es van pensar mètodes més precisos. L'anglès M. W Crofton (1826–1915) va destacar que en tractar-se d'un tema nou calia revisar i comprovar tots els conceptes bàsics, de forma pacient.

Per això, Crofton, explica Santaló, va començar <<amb la definició d'allò que cal entendre per rectes donades a l'atzar i per mesura de conjunts de rectes. Una recta del pla és determinada per la seva distància p a un origen de coordenades, i per l'angle a que la perpendicular a la recta per aquest origen forma amb l'eix x . D'aquesta forma, cada recta és determinada per un punt del pla, les coordenades del qual són p i α , ben entès que la distància p pot variar de zero a infinit, mentre que l'angle a varia entre zero i 2π (és a dir, 360°). Aleshores, diu Crofton, <<per mesurar conjunts de rectes prendrem l'àrea coberta pels punts del pla que les representen>>.

Això permet tractar la mesura de conjunts de rectes en un pla en referència a la mesura d'un conjunt de punts, és a dir, superfícies. D'aquí s'arriba a deduir una fórmula que permet saber la probabilitat que una recta donada, que talla una figura convexa, talli també una altra superfície convexa continguda en el seu interior.

Santaló explica que tots aquests problemes varen interessar més els geomètres que no pas els probabilistes <<i es van obtenir resultats de pur interès geomètric. Es van fer generalitzacions a espais multidimensionals i a les geometries no euclidianes>>. La teoria també es va lligar amb la teoria de grups continus.

De tot això va néixer la geometria integral, batejada així per W. Blaschke. En principi, només se li veia un interès teòric, però com veurem més endavant, després va tenir un gran interès pràctic en camps com la medicina. Així veiem com un llarg camí va portar des dels comentaris d'un excel·lent naturalista, amb passió també per les matemàtiques, a una nova especialitat de gran interès per als matemàtics, però també d'aplicacions molt importants en la vida quotidiana.

Després de definir una mesura per a conjunts de punts, de rectes i de plans, la geometria integral va encarar el problema de definir una mesura per a conjunts de figures congruents qualssevol, com ara conjunts de polígons. A partir dels casos del pla i de l'espai, la geometria integral es va estendre, tal com explica Santaló, en dues direccions diferents: <<La primera consisteix a augmentar el nombre de dimensions de l'espai en el qual es troben les figures, amb la qual cosa apareix una gran varietat de possibilitats, més difícils de tractar a causa de la tècnica del càlcul implicat que no pas per la seva concepció. La segona consisteix a definir mesures que no siguin invariants respecte al grup dels moviments, sinó respecte a d'altres grups més generals, com ara l'afí, el projectiu, el simplèctic, etc.>>.

Més endavant descriurem el desenvolupament posterior de la geometria integral, en la qual Santaló va jugar un paper tan important. També ens referirem a les aplicacions en el camp mèdic. Però ara cal reprendre el fil de la vida de Santaló. Després de la seva estada a Hamburg, el 1935 va tornar a Madrid, amb el treball que conformaria la tesi ja publicat i amb el bagatge d'un tema completament nou. Tan nou era, que no tenia cap especialista que li pogués donar suport per defensar la tesi. Va ser Pere Pineda, de Geometria Diferencial, qui va acceptar de fer-li de padrí, donat l'interès del treball i l'aval que significava haver estat amb Blaschke. El 1936, Santaló ja era doctor, amb la qualificació d'Excel•lent.

La tesi es titulava *Noves aplicacions del concepte de mesura cinètica en el pla i en l'espai*. Es va publicar el 1936, en el volum 33 de la revista de l'Acadèmia de Ciències de Madrid. Abans, però, Santaló ja havia publicat vuit articles originals en revistes matemàtiques d'Espanya, Alemanya i França. En aquell moment, ja estava treballant a la facultat com a cap de treballs pràctics, però va començar a preparar les oposicions per obtenir plaça de professor. Sens dubte, Santaló devia estar animat i pensant en unes bones perspectives professionals i científiques. Però, tal com havia constatat en tornar d'Hamburg, a l'Estat espanyol l'ambient era molt polititzat. El juliol de 1936, Santaló es trobava de vacances a Madrid. El 18 de juliol es va produir un alçament als territoris espanyols de l'Àfrica. Començava la Guerra Civil i un parèntesi forçós en la carrera de Santaló.

De la Guerra Civil a l'exili

L'esclat d'una guerra sempre provoca una situació caòtica i dificulta la presa de qualsevol decisió. En Santaló estava a Madrid en els primers temps, els de més confusió. Se sentien trets pel carrer, s'agafava gent, calia desconfiar de qualsevol persona perquè no sabies ben bé amb qui parlaves...A tot l'Estat es començaven a delimitar els fronts, es mobilitzava la gent, es produïen ja dificultats per traslladar-se o per enviar missatges. Santaló es va preguntar què feia a Madrid, en aquella situació i amb la família a Girona. Així que va decidir de tornar a casa.

Recórrer el camí no va ser fàcil. A més de les dificultats dels transports hi havia moviments de soldats, zones que estaven en poder dels franquistes i d'altres que restaven sota el control del govern republicà constitucional. I qualsevol lloc podia canviar sobtadament de mans. Tot i les dificultats, Santaló va arribar a Girona i s'hi va estar tres mesos, fins que el mobilitzaren amb l'exèrcit republicà.

Si més no, Santaló estava en el bàndol que per trajectòria familiar i per convicció li corresponia. La seva família sempre havia estat en els sectors liberals i federalistes. Però tot i les pròpies idees, per a la majoria de ciutadans anar al front no té cap atractiu. Santaló va tenir sort, ja que el director que havia tingut quan treballava a l'Institut Lope de Vega tenia ara un càrrec polític al ministeri d'Educació. Va aconseguir que diversos universitaris com ell no anessin a les posicions més perilloses i fossin aprofitats per a treballs més tècnics. Santaló va ser destinat a l'aviació. Concretament, va anar a parar la base aeronaval de Los Alcázares, a prop de Cartagena, on va estar a les ordres d'un científic, Emilio Herrera, que també era militar i que dirigia l'Escola de La Ribera, on estudiaven futurs pilots i navegants. Herrera va ser un gran renovador de l'aeronàutica. Però la seva fidelitat a l'exèrcit i a la República el portà a un dolorós exili a França. La seva trajectòria científica, militar i personal ha estat exposada al llibre d'E. Atienza Rivero *El general Herrera. Cienda y exilio*, publicat el 1993.

Santaló i els seus companys reberen uns cursos per fer d'observadors. La seva feina seria captar, des de l'avió, diverses dades, com ara la determinació dels llocs on passaven, i vigilar si es veien vaixells o submarins enemics a la costa. Calia saber interpretar els mapes i fer càlculs a partir de les posicions de sortida, les referències que es veien, la velocitat de l'avió, etc.

Santaló recorda que, dintre de tot, la seva tasca no era desagradable. Si més no, tenia un atractiu aprendre certes coses i desenvolupar una feina tècnica. Es feien vols en avió i s'aprenia a interpretar des d'aquest nou punt de vista allò que

s'observava i a endevinar els llocs on podia sorgir algun perill. Sens dubte, hauria estat molt pitjor, molt més dur i perillós, haver d'anar al front o formar part d'altres cossos.

Però per a un universitari que pocs mesos abans tenia unes bones perspectives professionals i un camp obert per fer recerca, que hi hagués una certa comoditat, dintre de les circumstàncies dolentes, no era suficient. Santaló va aprofitar que estava en un nou àmbit i es va dedicar a escriure un parell de llibres sobre aeronàutica. Un era *Elementos de aviación*, que més tard va prologar Esteve Terradas i que es va publicar a l'Argentina. També gràcies a la bona biblioteca que hi havia a Los Alcázares va poder endinsar-se en la història de l'aeronàutica i, entre altres detalls, va llegir diferents punts de vista sobre la polèmica que mantenien els militars respecte a què era més important en els avions de combat: si la velocitat o l'armament. Santaló va prendre moltes notes que més endavant va completar a l'Argentina i que varen donar lloc al llibre *Historia de la Aeronáutica*. Es tracta d'una història d'aquesta tècnica que tant d'impacte social i econòmic estava tenint i que, malauradament, també havia canviat de dalt a baix la forma de fer la guerra. Més tard, Santaló va publicar alguns articles més divulgatius que feien referència a l'aviació: << Algunos problemas geométricos que plantea la navegación aérea >> (1940), << Posibilidades del vuelo interplanetario >> (1942) i << Sobre el problema del radio de acción de los aviones >> (1945).

El llibre sobre la història de l'aeronàutica el va editar el 1946 Espasa-Calpe Argentina a Buenos Aires. Santaló hi feia una exposició molt completa, valorant el canvi radical que havia significat l'aviació i remuntant-se en el temps tant com considerà necessari per exposar l'anhel de volar de l'espècie humana i la forma com ho va aconseguir. Reproduïm aquí un fragment del llibre, on Santaló destacava aquesta invenció:

<< Puede considerarse la aviación como el invento más deseado, como el invento que más han anhelado todas las generaciones pretéritas. Por esto la historia de la aviación, entendiendo que la misma abarca desde los afanes primitivos plasmados en la mitología, pasando por las sucesivas tentativas frustradas de las que ha quedado noticia, hasta la época actual, en que ella ha alcanzado su pleno desarrollo, es larguísima. Es larguísima y, además, instructiva. Instructiva sobre todo por ser el mejor ejemplo de como la tenacidad y la perseverancia en una idea, mantenidas con fe y entusiasmo a través de generaciones, logran convertirla en realidad. El camino fue tan largo como difícil y exigió, como veremos, la cooperación de hombres de las más diversas nacionalidades e ideologías. Exigió

también numerosas horas de profunda meditación y estudio, y numerosas víctimas: exigió hermanar y poner conjuntamente a prueba los más brillantes destellos de la inteligencia y las mayores heroicidades del valor. Con las mejores cualidades del hombre, la inteligencia y el valor, puestas a su servicio, la idea de volar no podía fracasar.>>

No havia fracassat l'objectiu de l'ésser humà de volar. Però, una vegada més, havia fracassat a l'hora de mantenir l'invent en uns límits beneficiosos i deixar de banda el seu potencial agressiu. L'aviació havia sorgit durant la Primera Guerra Mundial com un element nou, decisiu. Des de l'aparició dels avions, ja mai cap guerra no tornaria a ser com les d'abans. I amb els avions, també començava a invertir-se una proporció que fins aleshores s'havia mantingut: aviat els morts civils passaren a ser els mateixos i, després, molts més que no pas els morts militars. L'ésser humà havia aplicat la intel·ligència a una idea, però no havia tingut prou intel·ligència per deixar de banda les aplicacions menys desitjables.

Era doncs aquest invent i una de les seves aplicacions negatives allò que havia portat Santaló vora Cartagena. Quan hi va anar, la regió de Múrcia encara quedava lluny del front. Però la guerra evolucionava, els franquistes guanyaven posicions i cada vegada quedava menys terreny en poder de la República. Quan els comandaments varen començar a considerar la posició perillosa, varen organitzar el trasllat dels soldats a Barcelona.

EL CAMÍ CAP A LA RERAGUARDA

Santaló va arribar a Barcelona amb el consol, si més no, d'apropar-se a casa. La situació bèl·lica, però, empitjorava. Santaló s'allotjava en una casa familiar. Una casa que, segons confessa, ara no recorda ben bé on era, que no sap a quin barri concret situar. En tot cas, podia estar en una residència particular compartint estones amb una família, ja que forçosament havia d'estar allunyat de la seva.

En l'aspecte militar, Santaló ja era capità i treballava a l'Escola i d'Aviació Militar de Barcelona, que estava vora el Tibidabo. La dirigia Josep Canudas i Busquets, que va ser un dels pioners de l'aviació a Catalunya. Canudas havia nascut a Barcelona el 1894. Va ser un dels fundadors de l'Aeroclub de Catalunya, que es va crear el 1915. I el 1917 va fer història, en obtenir el primer títol de pilot que s'atorga va a Catalunya. L'Escola d'Aviació s'havia inaugurat el 7 de setembre de 1916 i estava instal·lada a l'aeròdrom de la Volateria, al Prat de Llobregat.

L'Escola va ser escenari del primer vol d'un pilot català: Eduard Feliu i Bru, que va volar el 5 de maig de 1917. Finalment, el 27 de juny es feren els primers exàmens i, com hem dit, Canudas va ser el primer a superar les proves per a obtenir el títol. Tres anys més tard ja era professor i pilot en cap de la mateixa escola. També va adquirir experiència bèl·lica en participar a la guerra del Marroc, el 1921 i 1922.

Curiosament, uns anys abans de la guerra Canudas ja va tenir una relació amb la família Santaló. I és que l'oncle d'en Lluís Santaló, Miquel Cantells, de qui parlarem més extensament després, va tenir, entre altres càrrecs, el de conseller primer de la Generalitat de Catalunya. I el 1933, en virtut del seu càrrec i junt a Joan Ventosa i Roig, ministre d' Agricultura i Economia, signava el decret de creació dels Serveis d'Aeronàutica. Així ho explica el mateix Canudas en el llibre *Història de l'Aviació Catalana* (1908–1936), que es va publicar el 1983, vuit anys després que el seu autor morís a l'exili a la ciutat suïssa de Friburg.

En aquest llibre, Canudas reproduïx el decret publicat al Butlletí Oficial de la Generalitat, pel qual es creava un servei on s'incorporaven els serveis d'aviació civil traspassats al govern. El decret deia així:

<Els Serveis d' Aeronàutica estaran compostos per un secretari i dos grups d'activitats, un de serveis de cultura i un altre de serveis de tràfic. El primer reunirà la propaganda i els ensenyaments; i el segon, el tràfic aeri i la infraestructura. Els serveis de reconeixement d'aeronaus, inspecció d'indústries i reconeixements mèdics estaran compresos en el tràfic aeri.

El personal dels Serveis estaran compostos per: un cap, un secretari i dos funcionaris amb títol aeronàutic, a més del personal auxiliar que el treball reclami. Les assignacions seran les següents: nou mil pessetes al cap dels Serveis; tres mil al secretari i quatre mil als funcionaris tècnics.>

Era el 15 d'octubre de 1933 quan Miquel Santaló signava aquest decret. L'oncle de Santaló torna a aparèixer en el llibre de Canudas perquè, curiosament, s'havia creat el Servei d'Aeronàutica sense que aquest tingués cap avió. I no es tractava de sol·licitar a particulars o empreses que deixessin els seus aparells en cas de necessitar-los. En una conversa privada amb Miquel Santaló, Canudas i els seus companys li varen exposar el problema i el conseller els va donar tota la raó. Després els reuní amb el conseller Ventosa, de qui depenia el servei. Finalment, els van autoritzar, oficiosament, a l'adquisició d'una avioneta. Es tracta d'una anècdota curiosa i amb el detall, no menys curiós, que pocs anys més tard, en una situació tan dramàtica com una guerra, Canudas tindria a la seva escola – ara

militar– el nebot del conseller que havia signat aquell decret i que li va permetre comprar la primera avioneta del Servei d' Aeronàutica.

La situació de les forces republicanes era cada vegada pitjor. Els franquistes guanyaven terreny i els anaven arraconant. A Barcelona Santaló ja no tenia pràcticament feina, perquè l' escola no funcionava com a tal. Va ser l'avenç de l'exèrcit sublevat que va obligar a un nou trasllat i, aquest cop, Santaló i els seus companys – entre ells, Canudas – van ser duts a Girona.

A la seva ciutat, com que la carretera general passava just per la plaça de Sant Pere, Santaló va aprofitar per baixar del camió i anar a casa seva. Allà va poder saludar la seva família, però sense fer cap escena massa emotiva. Ell pensava que la guerra, efectivament, estava acabant i que, malgrat la derrota del bàndol on militava, aviat podria tornar a casa a seguir la seva vida normal. Si hagués endevinat els anys que passaria abans de tornar a Girona, ben segur que l'escena hauria estat plena de sentiment.

La retirada va prosseguir i van acampar vora Navata, on hi havia l'Estat Major republicà. Allà van estar-s'hi uns dies. Els tocava fer guàrdies, tot vigilant la carretera. Quan venia un vehicle l'aturaven, demanaven la documentació i, sempre, el deixaven passar.

Santaló tenia família vora Navata i els va anar a veure. La seva tia i els seus cosins li van donar uns duros de plata per si podien ajudar-lo. Quan se li pregunta si en aquell moment no tenia temptació de quedar-s'hi, Santaló diu que no. Torna a explicar que ell sempre ha estat reaci a prendre decisions i que preferia deixar-se portar. Va arribar el moment de tornar a pujar al camió i prosseguir la marxa cap a la frontera. Santaló va acceptar el destí i va deixar enrera la seva terra. Passarien gairebé vint anys abans no hi tornés.

LA TRAJECTÒRIA POLÍTICA DE MIQUEL SANTALÓ

Abans de prosseguir amb la seva trajectòria a França, és interessant explicar els fets que afectaren la família a Girona. Els qui es varen quedar varen patir represàlies i varen passar per situacions difícils. De fet, ningú no podia estar tranquil. Les tropes franquistes avançaven. La columna republicana del comunista Enrique Lister arreplegava tothom qui trobava, sobretot els més joves, i els obligava inútilment a fer front a un avenç imparable. En definitiva, els condemnava a la mort o a ser fets presoners.

Malgrat la por de la gent, hi havia qui es refiava que no li farien res. Un d'aquests era Carles Rahola i Llorens, que va esdevenir, tràgicament, un símbol de la repressió franquista a Girona. Havia nascut a Cadaqués el 1881. Va publicar nombrosos treballs sobre història i art, tant erudits com de divulgació. Va publicar llibres i també molts textos periodístics a *L'Autonomista*. Entre els seus treballs n'hi hagué un de títol fatalment premonitori: *La pena de mort a Girona. Segles XVIII i XIX*, publicat el 1934. Catalanista i republicà, sempre mantingué, però, un esperit tolerant. I per això, pensant que ell havia defensat pacíficament unes idees i no tenia res a témer, es va quedar a Girona, sense fer cas dels nombrosos consells que rebé perquè marxés cap a França. Va ser detingut, condemnat a mort per un tribunal militar i, després de passar pocs dies a la presó, va ser afusellat el 15 de març de 1939. Les seves darreres reflexions, des de la presó, sense odi i amb un esperit generós, foren editades, amb el títol de *Escrits de presó*, per l'Ajuntament de Girona, quan les circumstàncies polítiques canviaren i s'acabà amb l'oblit oficial de la seva figura.

En l'àmbit familiar dels Santaló, era l'oncle Miquel qui, lògicament, havia de fugir. En Miquel Santaló havia nascut a Vilaür (Alt Empordà) el 1887. Ja hem explicat que va estudiar magisteri a Girona, Barcelona i Madrid, on va residir a la <<Residencia de Estudiantes>>. El 1918 va tornar a Girona i allà féu classes de geografia a l'Escola Normal. Des del punt de vista acadèmic, Miquel Santaló va ser un gran pedagog i, sobretot, va significar un revulsiu en l'ensenyament de la geografia. Va dirigir l'Escola de Mestres i Mestresses de la Generalitat a Barcelona i va ser professor de Metodologia a la Universitat Autònoma. Va publicar diversos treballs sobre l'ensenyament de la geografia i una monografia sobre el Gironès. També va formar part de la ponència que va estudiar la nova divisió territorial de Catalunya, col·laborant així amb el gran geògraf Pau Vila.

Però junt a aquesta tasca científica, Miquel Santaló va tenir temps de dedicar-se a la política i arribar a tenir càrrecs de molta responsabilitat. En tornar a Girona després dels seus estudis va ingressar al Centre d'Unió Republicana. Més tard, va ser un dels participants a la Conferència d'Esquerres, que es va celebrar el 17, 18 i 19 de març de 1931 a Barcelona i d'on va sorgir Esquerra Republicana de Catalunya – ERC. Així s'unificava tot el catalanisme progressista i laic. Santaló formà part del primer directori i fou nomenat delegat per Girona.

Aquell mateix any, Miquel Santaló aconseguí els seus primers càrrecs electes. En les eleccions municipals del 12 d'abril és elegit alcalde de Girona. Aquestes eleccions, amb la victòria de les forces republicanes, portaren a la proclamació del nou règim el 14 d'abril. A Catalunya, la victòria de la jove ERC havia estat aclaparadora.

El juny del mateix any hi havia novament eleccions, en aquest cas a Corts. Eren transcendents, perquè aquelles Corts havien d'elaborar una nova constitució, un cop derrocada la monarquia i amb el rei Alfons XIII camí de l'exili. A les comarques de Girona una coalició republicana va obtenir més del triple de vots que la segona força, la Lliga Regionalista.

El 1933 va ser molt mogut per a en Miquel Santaló. La victòria d'ERC a les eleccions al Parlament de Catalunya de novembre del 1932 portaren el líder indiscutible del partit, Francesc Macià, a la presidència de la Generalitat. Però decidí de delegar les funcions executives en una mena de conseller en cap. El primer govern va ser dirigit per Joan Lluhí. Una crisi va comportar un canvi, que portà a la direcció Carles Pi i Sunyer. Quan aquest i el seu govern dimitiren, el principal càrrec executiu va recaure, el 4 d'octubre, en Miquel Santaló.

Però aquells eren anys de molts esdeveniments. La inestabilitat en el conjunt de l'Estat portà a unes noves eleccions el novembre de 1933. Aleshores, guanyaren el centre i la dreta i el Govern espanyol canvià de signe, mentre a Catalunya ERC mantingué el seu avantatge. Concretament a Girona, ERC aconseguí 5 diputats, mentre la Lliga només n'assolí 2. Santaló fou novament elegit. Curiosament, la victòria del centre-dreta espanyol va portar Santaló al govern de Madrid. Es va formar un gabinet entre el radical Alejandro Lerroux i el líder de la CEDA (Confederación Española de Derechas Autónomas), José Maria Gil Robles. Miquel Santaló va rebre l'oferta de ser ministre de Comunicacions i per assumir el càrrec va abandonar l'alcaldia de Girona. A les eleccions de febrer de 1936, Santaló va tornar a obtenir acta de diputat. Ja en plena Guerra Civil, el 1937, va ser vicepresident de les Corts.

Era lògic que una personalitat política com la seva es veiés abocada a l'exili amb la derrota de l'exèrcit republicà. El 1939, Miquel Santaló va passar la frontera i uns anys després, el 1942, es va exiliar a Mèxic. A l'exili va seguir tenint un paper important. El 1942, el president de la Generalitat a l'exili, Josep Irla, va nomenar-lo el seu delegat. El nomenament s'emmarcava en una llarga crisi que afectà les comunitats catalanes a l'exili i que es dividien entre els partidaris de defensar la legalitat republicana i els integrants del Consell Nacional de Catalunya, creat a Londres, que defensaven el dret d'autodeterminació, en considerar que l'etapa que havia representat l'Estatut d'Autonomia ja estava esgotada.

El 27 d'agost de 1945 es va formar el govern de la República a l'exili, presidit per José Giral. Mèxic no havia reconegut el règim de Franco i en canvi si que reconeixia aquest govern a l'exili, com a continuador de la legalitat que s'havia trencat per l'aixecament militar de 1936. Santaló va formar part d'aquest govern. A l'exili, tant el govern Irla com el govern Giral tenien l'esperança que la victòria

dels aliats en la Segona Guerra Mundial comportés una pressió per fer caure la dictadura de Franco. Però, com sabem, les grans potències se'n varen desentendre i varen voler esperar que el règim caigués o canviés tot sol. Van passar els anys, els Estats Units van veure amb interès un règim radicalment anticomunista en un extrem d'Europa i Franco va aconseguir el reconeixement internacional. Miquel Santaló va viure des de Mèxic aquest procés i ja no va poder veure com al cap de molt temps es restablí la democràcia. Va morir a la ciutat mexicana de Guadalajara el 1962. Avui, a Girona, una plaça porta el seu nom, a la cantonada dels carrers Joan Maragall i Bisbe Lorenzana.

LES REPRESÀLIES DELS VENCEDORS

Tornem al final de la guerra a Girona. Tret de Miquel Santaló, cap membre de la família tenia tanta significació política. Eren, com hem i dit, d'ideologia republicana, però sense haver ocupat mai cap càrrec. Malgrat això, les represàlies afectaren molta gent que no tenia cap participació en accions polítiques. El pare Santaló va ser jubilat d'ofici. No va tenir problemes legals, no va anar a la presó, no va haver de fugir. Però, com tants altres mestres, va patir la depuració i va haver de deixar la seva feina. Va quedar amb una pensió ridícula i fent front a un futur molt incert. Potser, dintre de tot, el van salvar alguns trets del seu tarannà. Era catalanista, però també era molt tolerant. També era una persona religiosa: un republicà amic de capellans, ben vist per totes les tendències. Aquest caràcter obert li devia permetre quedar-se a Girona i no haver de fugir. Però no evità que entrés en una situació econòmica delicada.

Sortosament, la germana gran dels Santaló, Neus, havia ajudat molts nens durant la guerra i hi havia famílies que li estaven molt agraïdes. Va trobar una feina a la Delegació d'Hisenda i això significà el suport que permeté a la família de tirar endavant.

També durant la guerra, quan les tropes franquistes arribaren a Girona, la casa dels Santaló va servir d'allotjament d'alguns soldats. Es tractava d'un comandament anomenat Nicolás Murga i de membres de la seva tropa. S'hi havien instal•lat des del febrer de 1936 i la mare dels Cantells cuidava Murga de les ferides que tenia. Van fer servir la casa com si fos una part de la caserna, ja que hi instal•laren una emissora de ràdio. Els Santaló també van poder veure que l'escassetat d'aliments no era per a tothom: aquells soldats tenien força menjar i fins i tot alguns productes que en aquell moment eren un luxe, com melmelada.

Això també va servir per ajudar un altre dels Santaló. En Joan, el tercer per edat, havia estudiat Farmàcia i havia estat la persona més jove de tot l'Estat a aprovar les oposicions a Farmacèutic Militar. Va ocupar el lloc d'una forma absolutament professional, com podia haver anat a parar a qualsevol altre lloc on exercir la feina per a la qual s'havia preparat. Però en acabar la guerra l'anaren a buscar i el varen detenir. Sortosament, les gestions d'alguns amics serviren perquè el deixessin anar. Malgrat això, no es podia quedar sense algun càstig: va ser destinat forçosament a Maó. Allà es va casar i s'hi va quedar a viure.

A més de l'oncle Miquel, en Marcel Santaló, el segon dels fills, l'astrònom, també va haver de fugir. Va anar a parar a França i després es va establir a Mèxic. Allà hi va viure uns quants anys amb la seva dona. Ja gran, en quedar vidu i en no haver tingut descendència, va tornar a Girona, on va morir.

LA INCERTESA A FRANÇA

Finalment, reprenem la trajectòria de Lluís Santaló. Els republicans van passar per la carretera, estreta, recargolada i rústega, però de gran bellesa, que porta des de Colera cap a Port Bou i, ja dintre de l'Estat francès, a Cervera. Encara hi havia avions franquistes que els tirotejaven, com si representessin un perill. Passada la frontera, tenien ordre d'estimar els cotxes pels penya-segats de la costa.

Es calcula que entre finals de gener i mitjan de febrer passaren la frontera 353.000 persones, de les quals 180.000 eren soldats. Bona part pogueren retornar a Catalunya al cap de poc temps, mentre d'altres es varen haver de quedar a l'exili. Les autoritats franceses organitzaren diversos camps de concentració per tenir controlats els refugiats. El més gran era el de Sant Cebrià, que va acollir fins a 80.000 persones. Santaló va anar a parar al segon més gran, el d'Argelers - a la comarca del Vallespir - que va arribar a tenir 65.000 persones. Quan Santaló hi va arribar va constatar que dir-li camp de concentració era excessiu: allò era un gran tros de platja amb uns pocs barracons i voltat de filat.

Les condicions de vida eren molt dures. Els refugiats rebien tracte de presoners de guerra. En ple hivern, sense barracons per a la majoria, era difícil defensar-se del fred. Al cap de pocs mesos, molts refugiats foren traslladats a un altre camp, el de Barcarés, al Rosselló.

Però en Santaló ja no viuria aquest trasllat: es va escapar del camp d'Argelers. Malauradament, no és capaç d'explicar com ho va fer. Un episodi com aquest, tan

important i que hauria d'haver quedat a la memòria com una petita gesta, es va esborrar de la ment de Santaló. Confessa que mai no ha estat capaç de recordar-ho. Creu que devia anar passejant pel camp, cap a la zona on hi havia menys vigilants. Que devia anar fent-se el distret, fins que devia veure una oportunitat i va travessar els límits del camp. Queda, doncs, el fet de la fugida, sense que en puguem saber els detalls.

Santaló tampoc no entén com va poder fer uns quants quilòmetres – més d'una desena – fins a Cotlliure. El cas és que pels camins on la policia devia controlar els moviments de la gent va poder sortejar tots els obstacles i arribar al poble on hi tenia un cosí, que era cònsol. En Josep Santaló encara estava reconegut pel Govern francès. Això li va permetre acompanyar en Lluís Santaló per intentar obtenir documentació.

A França hi havia persones que escridassaven els refugiats, que els mostraven odi o rebuig, i persones que simpatitzaven amb ells o que els volien ajudar. Santaló i el seu cosí van anar a veure al cap de policia de Perpinyà, que era d'aquests segons. L'home va intentar consolar-los, dient que no es preocupessin, que tot allò era temporal. Els va explicar que només calia tenir paciència i esperar. I que en 7 o 8 anys podrien tornar a casa.

L'ànima els va caure als peus. Set o vuit anys! Ell que pensava que allò era cosa de pocs mesos! En voler-los animar el cap de policia els havia pintat un mur imaginari que els semblava inexpugnable, una barrera infranquejable.

De seguida va rebre un carta dels seus pares que li aconsellaven de no tornar, de deixar passar el temps. Estava clar, doncs, que la cosa anava per llarg. Però calia legalitzar la situació i trobar una forma de subsistència. De moment, s'estava a casa del seu cosí, junt amb altres parents que també havien fugit. Va escriure a l' Argentina a Rey Pastor, per si li podia oferir algun ajut. També va escriure a Blaschke. Aquest darrer el va contestar i li va dir que anés a Hamburg, que ja li trobarien alguna cosa. Però l' Alemanya del 1939 no era el millor lloc per a un exiliat republicà. I vistos els esdeveniments que es produïren, va ser una sort que Santaló no acceptés la invitació de Blaschke.

Per la seva banda, en Rey Pastor li enviava diners per al passatge cap a l' Argentina, però li explicava que obtenir el visat no seria fàcil. Hi havia governs progressistes, com el mexicà i el xilè, que acollien amb facilitat els exiliats. Però a l' Argentina el govern era conservador i amic de les potències de l'Eix i això posava les coses més complicades.

Però Blaschke no només va respondre a Santaló, sinó que també va fer una gestió per carta amb el francès Élie Cartan (1869–195.1), un dels noms il·lustres

dintre la geometria i, sobretot, la topologia algebraica, i que també va fer grans contribucions en equacions diferencials – camps on també destacaria el seu fill Henri, nascut el 1904. Cartan li va escriure a Cotlliure per convidar-lo a fer unes conferències a l'Institut Henri Poincaré de Paris. Santaló va pujar al tren. Però, lògicament, en aquells moments hi havia molts controls. Quan la policia li va demanar la documentació va ensenyar una carta del seu cosí cònsol, que no tenia cap valor. També va mostrar la invitació de Cartan, que podia justificar el viatge, però que no satisfesia els agents de l'ordre. En definitiva, Santaló va acabar a Paris, però a la comissaria.

Hi va passar poques hores. Darrera de les reixes de la cel•la va veure com un home gran discutia de forma vehement amb els policies. Era Cartan, que va aconseguir treure'l d'allà.

Santaló va impartir les conferències. Encara conserva un dels cartells que les anunciaven. La Facultat de Ciències convidava a unes sessions que es farien a l'Amfiteatre Darboux de l'Institut Henri Poincaré, al número 11 de la rue Pierre Curie. Tingueren lloc, segons el cartell, els dies 25, 28 i 30 de març – dissabte, dimarts i dijous– a un quart de sis de la tarda. Santaló era presentat com professor de la Universitat de Madrid i les conferències tractaven de geometria integral i probabilitats geomètriques. Treballar en un camp tan novedós, doncs, li havia tornat a obrir una porta.

Després d'un temps a Paris, la policia el va avisar que aquella situació no es podia mantenir sempre, que hi havia molts refugiats de tot arreu i que no els podien tenir controlats en una ciutat tan gran. Li proposaven de romandre a França, però en un altre lloc. Li digueren d'anar a una illa de la Bretanya. Un cop allà, el policia local es va lamentar: aquells de Paris els seguien enviant gent i allà ja eren molts. Però també simpatitzava amb els refugiats i el va ajudar a trobar una pensió on viure.

Mentre, seguia esperant, amb el passatge cap a l' Argentina a la butxaca, però sense el visat. Finalment, un dia li va arribar el document. Més tard es va assabentar que Esteve Terradas, aleshores a l'Argentina, havia fet gestions davant d'un bisbe perquè li concedissin. Terradas, d'ideologia conservadora, tenia allà bones relacions i les va fer servir per ajudar a en Santaló.

Aquest es va traslladar a Bordeus i allà va pujar al vaixell que l'havia de dur a Amèrica. Un cop al mar, va pensar que deixant enrera Europa podria començar una nova vida a l'altra banda de món. Però el destí va fer que el viatge no fos tan ràpid com hauria desitjat.

L'arribada a l'Argentina

El primer de setembre de 1939, Hitler envaeix Polònia. No és la primera vegada que demostra les seves intencions annexionistes. Ja el març de 1938 havia ocupat Àustria i n'havia proclamat la seva annexió. Uns mesos més tard va reclamar Txecoslovàquia i un acord internacional li va concedir els Sudets. Però Hitler no en tenia prou i el març de 1939 ocupà la resta del territori txec i eslovac. Els països occidentals encara no li feien front. Però amb l'ocupació de Polònia, quedava del tot clar que els alemanys no s'aturarien. El 3 de setembre, França i Gran Bretanya li declaren la guerra. Comença la Segona Guerra Mundial.

Mentre això succeïa, el vaixell en què viatjava Santaló havia passat per davant les costes de Portugal. Podríem pensar que havia marxat a temps d'una Europa que entrava en ple conflicte bèl·lic. Però el vaixell en què viatjava era de bandera francesa. I França, com hem dit, havia entrat en guerra. Tot i que no es tractava d'un vaixell militar sinó de passatgers, la nova situació feia necessària l'embarcació per traslladar soldats. O, si més no, això se'ls va dir als passatgers quan els varen deixar al port de Dakar, al Senegal. Santaló es va trobar en un país estrany, amb la companyia, entre d'altres, d'un català que anava al Brasil.

El Dakar de la fi dels anys 30 no era un lloc on un matemàtic hi pogués fer gaire feina. Tampoc no era un país europeu, on trobar-se menys sol o estrany. Però després de tantes peripècies, en Santaló semblava tan acostumat a les contingències que s'ho va prendre amb filosofia. Passejava pels carrers, amb tranquil·litat, però també la incertesa de no saber què passaria ni quan passaria. Podien transcórrer només uns dies o uns mesos. Fins i tot la guerra podia prendre una direcció que afectés la seva situació de forma encara més duradora.

Sortosament, el vaixell va tornar al cap d'un parell de setmanes. Anava camuflat i va recollir el passatge per continuar el viatge. Després d'una escala al Brasil, el vaixell va arribar a Buenos Aires. La data exacta la recordarà sempre, perquè els carrers estaven guarnits de festa: era el 12 d'octubre de 1939. Rey Pastor no l'havia pogut anar a esperar, però hi havia enviat un altre exiliat: Manuel Balanzat. Aquest havia anat primer a Xile i després havia passat a l'Argentina. Ja era professor a la Universitat de Cuyo, a San Juan (Mendoza). Uns anys més tard seria l'autor, junt amb Santaló i amb Sixto Ríos, d'una biografia de Rey Pastor.

Rey Pastor s'havia ocupat de tot, com en altres casos de matemàtics que van haver d'exiliar-se. D'entrada, Santaló es va trobar amb la sorpresa que tots els tràmits eren molt fàcils, que era senzill tramitar els papers i legalitzar la situació.

Només duia un paper que li havien donat al consolat argenti per quan desembarqués i la seva partida de naixement – el seu pare sempre li deia, de jove, que no viatgés mai sense la partida de naixement. I només amb aquests papers, en arribar a Rosario, on ja tenia plaça, li varen donar una cèdula d'identitat. Una situació ben diferent de la que havia viscut a Alemanya, amb un gran control policial, o a l'etapa francesa de l'exili, quan va estar a punt d'anar a la presó. Ara sí que es podia dir que, amb la situació normalitzada i un lloc de treball, començava per a Santaló una nova vida.

MATEMÀTICS CATALANS A L'ARGENTINA

Quan Santaló va arribar a l'Argentina, es convertia en continuador d'una llarga presència de matemàtics catalans. Ell mateix en va traçar una panoràmica força anys després. Entre les nombroses publicacions de Santaló hi un breu estudi sobre els matemàtics catalans en aquell país. Santaló es remunta als segles XVII i XVIII, quan els estudis científics de matemàtiques pràcticament no existien a l'Argentina. Tanmateix, hi havia alguns *maestros matemáticos* que ensenyaven l'aritmètica i la geometria elementals a diverses escoles, bàsicament religioses. I alguns historiadors també han considerat matemàtics alguns pilots, agrimensors i cartògrafs que establien límits o traçaven mapes mitjançant càlculs astronòmics.

Santaló creu que entre uns i altres hi devia haver catalans, com es desprèn d'alguns cognoms. Així, troba referències d'un cert Cosme Agulló i un cert Antonio Garriga. Santaló destaca José Maria Cabrer, que havia nascut a Barcelona el 1761. El seu pare era professor de Matemàtiques a l'Escola de Nàutica i ell va estudiar-hi. Als 20 anys es va traslladar a l'Argentina, va fer-hi carrera militar i va dirigir el Departament Topogràfic de la província de Buenos Aires, fins que va morir el 1836.

Santaló situa l'any 1799 com a l'inici dels estudis matemàtics pròpiament dits a l'Argentina. El país encara pertanyia al virregnat espanyol de Rio de la Plata i aleshores es creà l'Acadèmia de Nàutica. Com destaca Santaló, els objectius d'aquesta acadèmia no només eren formar pilots, sinó també ensenyar les principals branques de les matemàtiques per a aquells que volguessin fer altres carreres.

El primer vicedirector va ser el català Joan Alsina, per sota del director, que era el gallec Pedro Cerviño. Alsina havia estudiat també a l'Escola de Nàutica de Barcelona i devia contribuir a la creació de l'acadèmia de Buenos Aires. Va deixar publicades unes taules astronòmiques (1797) que assenyalaven les hores de

sortida i de posta de sol a tot el virregnat. Va morir fent front als invasors anglesos el 1807. El seu fill Valentin i el seu nét Adolfo varen tenir un paper destacat en la història política, militar i cultural argentina del segle XIX.

Joan Alsina no va estar gaire temps com a vicedirector de l'Acadèmia, per discrepàncies amb Cerviño. Segons explica Santaló, el director havia organitzat la carrera amb tres anys destinats a la matemàtica i només un a la navegació. Alsina pensava que una escola que formava pilots havia de tenir més espai per a les aplicacions, però Cerviño era un apassionat de la teoria.

Aquest fet serveix a Santaló per destacar que la discrepància sobre el paper de les matemàtiques a les carreres professionals s'han donat sempre i a tot arreu. Segons Santaló: <<En general, podríem dir que l'espirit català, en aquell cas representat per Alsina, ha estat sempre partidari de la posició pràctica, és a dir, d'estudiar les matemàtiques des del punt de vista de les seves aplicacions.>> I destaca que gairebé tots els matemàtics catalans de la segona meitat del segle XIX i de la primera meitat del segle XX van tenir un diploma d'alguna carrera aplicada, a més del de matemàtic, <<cosa molt menys freqüent entre els matemàtics d'altres universitats espanyoles, la de Madrid, per exemple>>.

A l'Acadèmia de Nàutica, els llibres de text que s'utilitzaven eren tres volums de *Principios de Matemáticas*. Com a obra de consulta hi havia els deu volums de *Elementos de Matemáticas*. El seu autor era Benet Bails, nascut a Sant Adrià del Besòs el 1730 i mort a Madrid el 1797. Sense haver anat mai a l'Argentina, és esmentat per Santaló per la influència que va tenir a través de les seves obres. Bails va ser l'introduïdor del càlcul infinitesimal a l'Estat espanyol. La seva influència anava més enllà de les matemàtiques, ja que defensava el sistema copernicà i va jugar un paper important en fer triomfar la nova ciència en una època en què encara hi havia l'amenaça de la Inquisició –a Espanya, aquest tribunal no s'abolí oficialment fins al 1834.

L'Acadèmia de Nàutica de Buenos Aires va ser clausurada el 1806. La revolució de 1810 va permetre l'Argentina d'assolir la independència i el mateix any es va crear una Escola de Matemàtiques. Bàsicament donava formació per a les armes d'artilleria i enginyeria, però ofería una bona base matemàtica. El director va ser el tinent coronel català Felip de Sentenach. Aquest va ser afusellat el 1812 i l'Escola va tancar.

El 1816 es creava una altra Acadèmia Nacional de Matemàtiques i el director seria un altre català: Felip Senillosa, que havia nascut a Barcelona el 1794 i que moriria a Buenos Aires el 1858. Senillosa va intensificar els estudis de matemàtiques, mecànica, astronomia i navegació. I la seva feina va ser tan bona

que, quan es va crear la Universitat de Buenos Aires el 1821, l'Acadèmia s'hi va incorporar com a Departament de Matemàtiques, sota la direcció de Senillosa.

Senillosa era un altre exemple d'esperit pràctic. Santaló en reproduïx unes paraules significatives, que provenen del seu *Programa de un curso de Geometría*:

<<Yo me he propuesto medir los cuerpos, y no veo en la geometría nada fuera de esto o que no sea la medición de líneas, superficies y volúmenes. Parto siempre de la necesidad; ella me conduce a las experiencias y éstas a las dificultades o problemas. En mi curso no hay pues otra cosa que necesidades por satisfacer, experiencias y problemas. Me dejo, según el orden actual de los conocimientos, conducir por esa cadena y soy naturalmente arrastrado a ella por las huellas de Euclides, de Arquímedes y otros filósofos de la antigüedad, hasta venir a parar a esas mismas necesidades que movieron sin duda a los Euler (sic), Monge, Lagrange,... a desarrollar esas sublimes combinaciones del análisis algebraico, cuyo objeto es siempre estudiar la geometría con mejores medios.>>

ERNEST COROMINES I PERE PI I CALLEJA

Després de la independència, la presència catalana a l'Argentina queda interrompuda durant pràcticament un segle. No és fins al segle XX que tornem a trobar noms de prestigi. El primer que destaca Santaló és Esteve Terradas, de qui ja hem parlat. Dels qui posteriorment s'hi haurien d'exiliar i foren ajudats per Rey Pastor, Santaló n'esmenta tres: Ernest Coromines, Pere Pi i Calleja i, naturalment, ell mateix.

Ernest Coromines i Vignaux és un nom il·lustre dintre una família il·lustre. El seu pare era el polític, escriptor i economista Pere Coromines, que havia nascut a Barcelona el 1870 i va morir només arribar a l'exili, a Buenos Aires, el 1939. Com a economista tingué un gran prestigi i com a escriptor ens deixà una àmplia producció, sobretot en novel·la, però també en poesia, narrativa curta i teatre. Un germà d'Ernest va ser el gran filòleg Joan Coromines, nascut a Barcelona el 1905 i mort a Pineda de Mar el 1997. Entre els seus treballs destaquen el *Diccionario etimológico i complementari de la llengua catalana* (1980–1991), el *Diccionario crítico etimológico de la lengua castellana* – realitzat durant la seva estada a la Universitat de Chicago i publicat entre 1954 i 1957 – i la gegantina *Onomasticon*

Cataloniae, que començà el 1931 i acabà el 1994 i que constitueix un recull exhaustiu, des del punt de vista etimològic i lingüístic, dels topònims de les terres de parla catalana.

Ernest Coromines havia nascut a Barcelona el 1913. En esclatar la guerra ja era llicenciat en Matemàtiques i estava a punt d'acabar els estudis d'Arquitectura. Va participar a la guerra i es va haver d'exiliar a França, des d'on va anar a Xile i d'allà a l'Argentina. El 1941 va ser nomenat professor de Matemàtiques a la Facultat de Ciències Econòmiques de la Universitat de Cuyo, a Mendoza, institució on també va estar el seu germà Josep fins al 1948.

Dels treballs d'Ernest Coromines, a l'Argentina, Santaló destaca que va introduir els estudis superiors d'estadística i que hi va començar les seves investigacions sobre la teoria de la derivació. En el pla personal, es va casar amb Edith Guevara, cosina de qui més tard seria el mític guerriller Ernesto Che Guevara.

Entre 1947 i 1952, Ernest Coromines va estar a Paris, investigant al Centre National de la Recherche Scientifique. Tornà a Barcelona, però no va aconseguir una plaça a la Universitat. Va marxar a Princeton, on va passar un any (1955) i a Caracas, on va ser professor fins al 1964. Seguidament va ser nomenat professor associat a la Universitat de Lió i va tornar a França. Va ser posteriorment professor titular (1973) i emèrit (1982). Tal com explica Santaló, en ocasió d'aquest nomenament li varen fer un homenatge, durant el qual un dels seus alumnes li digué que tenien <<gràcies a vos, una escola lionesa d'àlgebra ordinal>>.

El segon matemàtic exiliat de qui parla Santaló és Pere Pi i Calleja, que havia nascut a Barcelona el 1907 i on va morir el 1986. Quan es va exiliar ja tenia el doctorat, amb una tesi dirigida precisament per Terradas i que de fet havia desenvolupat a Berlin, on el va enviar Rey Pastor. Era un matemàtic reconegut; també havia acabat els estudis d'Arquitectura. Entre 1935 i 1936 va ser professor a la Universitat i director de la secció matemàtica de l'Institut d'Estudis Catalans, però de seguida va esclatar la guerra. Pi hi va prendre part a les files republicanes, arribant a ser capità d'enginyers. Després es va haver d'exiliar, anant a parar al camp d'Argelers, des d'on va poder marxar a Paris.

Els seus plans eren quedar-se uns anys a França, però només hi va viure fins al gener del 1941, quan l'ocupació alemanya el va obligar a marxar. Va embarcar en el vaixell Alsina a Marsella, però va tenir un viatge èpic. En el mateix vaixell hi anava Niceto Alcalá Zamora, el penúltim president de la Segona República. Aquest va deixar constància del llarg camí fins a Amèrica del Sud en el llibre *441 días: un viaje azaroso entre Francia y la Argentina*, que es publicaria a Buenos Aires el 1942.

El títol ja expressa la llarguíssima durada del trajecte. En més d'un any, Pi i Calleja i els seus companys varen anar endavant i endarrera, varen canviar de vaixell, varen fer nombroses escales a països africans. Fins i tot van passar dues setmanes a l'Havana, on Pi va aprofitar per fer algunes conferències sobre <<El concepte modern d'integral>>.

Aquest viatge, en certa manera, s'adeia amb l'esperit de viatger infatigable de Pi i Calleja. Ja establert a l'Argentina i acabada la Segona Guerra Mundial, va fer un arriscat viatge a Iugoslàvia, per anar a buscar una noia que havia conegut a París. Es deia Milena Bachich i esdevindria la seva muller. A La Plata va néixer el seu fill, Enric, que avui exerceix de metge a Barcelona.

Una vida així revela no poca empenta. I Pi va aprofitar aquesta energia per donar un gran impuls a la matemàtica argentina. Va ser contractat per la Universitat de Cuyo a San Juan, per recomanació de Rey Pastor. La revista de la Unión Matemática Argentina saludava la contractació destacant que un professor de Matemàtiques per a una escola d'enginyeria havia de tenir tres característiques: <<Ser docente con experiencia para que no se pierdan las explicaciones; saber de manera práctica la técnica de la construcción, para que de esta manera no se dé una matemática extraña a la cultura general de un ingeniero y, por fin, ser conocedor profundo de la matemática para no perder la necesaria y siempre útil altura de miras.>> Es pot endevinar la conclusió de l'article: totes tres qualitats es donaven en Pi i Calleja.

Pi i Calleja va aixecar el nivell dels estudis matemàtics a la regió de San Juan fins a l'altura de les universitats tècniques europees. No ho va fer sense oposició, però finalment les seves idees s'imposaren. El 1949 va passar a la Universitat de La Plata per fer-se càrrec d'una càtedra. Entre 1953 i 1956 va ser secretari de la Unión Matemática Argentina. També en aquells anys elaborà la seva obra més important: *Análisis matemático*, que va escriure en col·laboració amb Rey Pastor i César Trejo. En una ressenya, Santaló en diria: <S'hi uneix el treball tradicional de Rey Pastor amb el detallisme, extrema documentació i esperit crític dels altres dos autors.>

El 1956 va tornar de l'exili i va iniciar un feixuc camí d'oposicions i concursos. Aquell científic que havia introduït les nocions més modernes de la matemàtica a l'Argentina, que havia donat un impuls impressionant a aquesta disciplina en el país llatinoamericà, no trobava plaça a l'Estat espanyol. Finalment, i sortosament per als alumnes, fou catedràtic a Múrcia i després a Saragossa. Finalment, el

1962, va guanyar la plaça de catedràtic de Matemàtiques a l'Escola Tècnica Superior d' Arquitectura de Barcelona, on havia estudiat i on es va jubilar el 1977 .

Coromines i Pi i Calleja són dos matemàtics de prestigi que exemplifiquen dues postures respecte al seu retorn. Pi i Calleja, tot i la seva trajectòria, accepta passar per oposicions i concursos, anar provant sort fins que la seva vàlua no passa desapercebuda. Coromines no vol passar per aquests tràngols. Creu – i amb raó – que gent com ell hauria d'obtenir fàcilment una plaça a la Universitat. Però la situació espanyola dels anys 50 no estava per gaires floritures científiques. La Universitat era capaç de desaprofitar personatges com ara Coromines o estar a punt d'esgotar la paciència d'una persona amb tanta empenta i coratge com per exemple Pi i Calleja. Coromines, finalment, deixa de banda el retorn i fa una carrera important a França. Pi i Calleja batalla fins al final i s'hi queda.

Hi havia una tercera opció: ni tan sols intentar el retorn. És la que va triar el tercer matemàtic català exiliat. Que és precisament, Lluís Santaló. És el moment, doncs, de reprendre el fil de la seva vida.

PROFESSOR A ROSARIO

Santaló no es va quedar a Buenos Aires. Rey Pastor li havia explicat que era difícil aconseguir un lloc a la capital del país, però que a l'interior era més senzill. Santaló va poder, fins i tot, triar. Podia anar a la Universitat de Tucumán o bé a la de Rosario – anomenada del Litoral –, on s'havien creat instituts i necessitaven matemàtics. Essent doctor en Matemàtiques i amb la recomanació de Rey Pastor no hi havia problemes.

Santaló va triar Rosario, la segona ciutat d'Argentina, a la província de Santa Fe. Rosario era i és un important centre comercial, situada a la dreta del riu Paranà i amb un port fluvial molt actiu. A la Universitat va ser el rector, Cortés Pla, qui el va contractar i donar tota sèrie de facilitats. Cortés Pla era enginyer i ensenyava física.

Santaló hi va anar com a professor de Matemàtiques per a enginyers. Però aleshores ja s'havia decidit que l'ensenyament no fos purament tècnic, sinó que també hi hagués lloc per a les matemàtiques pures i per a la recerca. Per això es va crear l'Institut de Matemàtiques de la Universitat del Litoral. El dirigia un gran matemàtic italià anomenat Beppo Levi. Santaló en va ser nomenat sotsdirector.

Levi havia nascut a Torí el 1875. Es va graduar en Matemàtiques el 1896 i va ser professor a la Universitat de Càller (Cagliari en italià), a l'illa de Sardenya.

Després va passar a la de Parma i més tard a Bolonya. Com el seu cognom indica, era d'origen jueu. I amb l'arribada i afermament del feixisme a Itàlia, va ser expulsat de la seva plaça. Va fugir a l'Argentina. Figures prestigioses de les matemàtiques, doncs, havien d'escapar, per raons diverses, però sempre sorgides de la persecució política o ètnica, de la seva terra. Els seus països perdien científics de prestigi i pedagogs amb idees i capacitat de treball. Si els règims totalitaris perdien actius, altres països, com l'Argentina, es beneficiaven d'aquestes persecucions i migracions forçades.

En el cas de Beppo Levi, Itàlia havia perdut un gran geòmetra, que tenia nombrosos treballs publicats a revistes internacionals i que era autor d'*Introduzione all'analisi matematica* i *Analisi matematica algebrica e infinitesimale*, publicades el 1916. Un cop a l'Argentina, va fundar, el 1940, l'Institut que dirigiria i que més endavant portaria el seu nom. Allà va seguir la seva obra, promovent la creació d'una important biblioteca de Matemàtiques, que ell mateix va enriquir amb molts llibres que havia portat d'Itàlia. També va fundar la revista *Mathematicae Notae*. Moriria el 1961.

A Rosario, Santaló va trobar, per fi, l'estabilitat. Després de tant de moviment, de tantes vicissituds i incertesa, va poder treballar amb tranquil·litat. També va recuperar la salut perduda quan a Los Alcázares, durant la guerra, va agafar paludisme, del qual encara en tenia rastres. El clima sa dels Andes el va beneficiar. Va contribuir a potenciar l'Institut, a completar la seva biblioteca i a publicar la revista fundada per Levi.

La vida quotidiana a l'Argentina també era ben diferent de la que havia conegut fins aleshores.. En aquella època, el país produïa molt més aliment del que necessitava, fins i tot tenint en compte l'exportació. Sobrava menjar i encara que el sou era petit, els preus també eren molt barats. Després de les penúries de la guerra, dels tràngols de la fugida, de l'exili, Santaló vivia en un país on la manutenció no era el principal problema – tot i que la situació econòmica en general no era gaire bona. Tampoc no vivia amb la por als controls policials, com passava a Alemanya, on calia dur sempre els papers per si t'aturaven. A l'Argentina fins i tot un estranger com ell podia circular amb llibertat i sense problemes.

Santaló vivia modestament, en una pensió, amb altres refugiats. Per combatre certa enyorança també tenia el Centre Català de Rosario, on podia mantenir relació amb altres catalans – exiliats o simplement emigrants – i participar en activitats culturals i recreatives. Era una institució important per aglutinar gent, sobretot en èpoques en què arribava molta immigració. Santaló va arribar a ser-ne secretari.

Sense deixar el pla personal, Rosario va tenir una darrera i important influència en la vida de Santaló. El 1945, i després d'un llarg festeig, es va casar amb Hilda Rossi, una "rosarina" filla de pare italià i mare alemanya. Amb Hilda, Santaló va trobar la dona de la seva vida, que sempre li donaria suport, que li facilitaria la dedicació total a la feina i que fins i tot l'ajudaria en alguns llibres, realitzant algunes il·lustracions. Després, Santaló es va nacionalitzar també argentí i des d'aleshores el seu destí quedava lligat per sempre al seu país d'adopció. I encara més des del 1947, quan va néixer Maria Inés, la seva filla gran, a qui sempre han anomenat Tessi a l'entorn familiar.

Amb estabilitat professional i personal, Santaló va poder recuperar el temps tant en l'ensenyament com en la recerca matemàtica. Ja el 1939 va treure un primer article de recerca en una publicació de l'Institut de Rosario. Era el número 12 dels que publicava des del 1934. Una mostra del ritme que va agafar és que a la fi del 1940 ja n'havia publicat vuit més. Quatre van aparèixer a revistes argentines i un altre en una de peruana. Però també va reemprendre el camp on era un dels pioners i va escriure sobre geometria integral.

Així, el 1940 van aparèixer a la revista *Hamburg Abhandlungen* dos articles que, seguint els comptes que encara duia Blaschke, eren els treballs 31 i 32 sobre aquesta branca. Un tractava de valors mitjans i probabilitats geomètriques i l'altra de fórmules integrals en el pla i en l'espai.

Fins al 1947 – un any que, com veurem, també va ser molt important – Santaló va publicar 36 articles més, que li permetien arribar als 56 des que va aparèixer el primer. Si bé molts varen sortir a revistes argentines, també n'hi havia d'altres a prestigioses publicacions estrangeres, com ara *Tohoku Mathematical Journal*, *American Journal of Mathematics*, *Butlletín of the American Mathematical Society* i *Annals of Mathematics*.

Això palesa que, malgrat ser una facultat tècnica, a Rosario no s'abandonava la recerca. Tots els alumnes que tenia Santaló eren estudiants d'enginyeria. S'hi feien diverses especialitats – mecànica, industrial, civil –, però també hi havia alguns alumnes als quals agradava especialment la matemàtica. A aquests se'ls feien cursos d'ampliació. Molts d'aquests foren després professors de Matemàtiques a Rosario mateix i a d'altres llocs. Els estudis de Ciències Exactes com a tals no es varen crear fins al 1952.

Però la política i l'economia argentines no eren tan estables com semblava. I això va decidir Santaló de canviar d'aires durant un temps. Un canvi que, novament, va ser beneficiós per a la seva carrera.

De la inestabilitat peronista a l'efervescència intel·lectual de Princeton

Si la situació política durant els anys 30 i 40 a Europa era complexa, a l'Argentina també ho era força. Per no anar gaire enrera en els antecedents, podem esmentar que a la segona dècada del segle XX es va establir la democràcia formal, gràcies al govern de la Unión Cívica Radical. Aquest partit s'havia creat el 1891, per una escissió de la Unión Cívica, que havia nascut un any abans. Tenia el major suport entre la classe mitjana-baixa de Buenos Aires.

El 1916 un dels membres del partit, Hipólito Yrigoyen, va ser elegit president i va sumar, amb la seva habilitat política, el suport de les classes baixes. Va ser amb Yrigoyen – que cal no confondre amb Bernardo de Irigoyen, mort el 1906, que havia estat el fundador de la Unión Cívica i el primer dirigent de la Unión Cívica Radical– que Argentina va poder mantenir-se neutral durant la Primera Guerra Mundial.

Yrigoyen va deixar de ser president el 1922, però el 1928 va ser reelegit. Tenia ja 76 anys i no estava en la millor forma, ni física ni mental, per dirigir un país que, a més, vivia immers en la crisi econòmica internacional. Dos anys després, una revolució encapçalada pel general José F. Uriburu derrocà Yrigoyen. Començà aleshores un període tan inestable i nefast que després seria conegut com la <<dècada infame>>. En realitat, duraria una mica més d'una dècada, fins al 1943.

En el cop d'Uriburu hi havien participat tan conservadors com alguns radicals, mostra de la caòtica situació sociopolítica del país. Argentina encara tingué tres presidents més: Agustín P. Justo, Roberto M. Ortiz i Ramón J. Castillo. Durant aquests anys dos importants sindicats s'havien fos en una gran central: la Confederación General de Trabajadores (CGT). En el camp polític, el 1936 es varen formar dos fronts: un d'esquerres (Frente Popular Izquierdista) i un de dretes (Frente Nacional). Aquest darrer va afavorir la instauració d'una dictadura el 31 de maig. El 10 de novembre es declarava il·legal el Partit Comunista.

No deixa de ser curiós i alligador que entre tanta inestabilitat un argentí guanyés, el 1936, el premi Nobel de la pau. Es tracta de Carlos Saavedra Lamas que havia nascut a Buenos Aires el 1879 i que moriria a la mateixa ciutat el 1959. Saavedra Lamas era un jurista de gran prestigi, que ocupà diverses càtedres i que entre 1941 i 1943 seria rector de la Universitat de Buenos Aires.

Va merèixer el premi Nobel per la seva tasca pacificadora en diversos conflictes, especialment en l'anomenat pacte antibèl·lic Saavedra Lamas, que va ser aprovat i

ratificat per 21 països i que havia de mantenir la pau i l'estabilitat a tot el continent. També va actuar com a jurista a la guerra que enfrontava Paraguai i Bolívia per reivindicacions territorials. Va organitzar una conferència a Buenos Aires per posar fi al conflicte.

Entre les seves tesis com a jurista destaca la idea que <<la fortuna de les armes no comporta el monopoli de drets discrecionals ni poden establir-se, per tal causa, hegemonies nefastes sobre la marxa del dret humà, essencialment positiu i creador per excel·lència>>.

Després que un argenti rebés el reconeixement del comitè Nobel per la seva feina en pro de la pau i que exposés la tesi que la força de les armes no pot prevaler, es preparaven moviments que indicaven precisament el contrari: les armes són les que, sovint, estableixen hegemonies. Tot i que aquestes siguin precàries i moltes vegades breus. El 1943 acaba la dècada infame. I ho fa de manera no menys infame: amb un cop d'estat. Un cop d'estat que no deixava de tenir components foscos i complexos. Així, l'alçament contra el president Castillo el va dirigir el general Arturo Rawson, però el càrrec de president va recaure en el general Pedro Pablo Ramírez, que havia estat ministre amb Castillo.

El govern Ramírez va decidir, l'any següent, de trencar relacions diplomàtiques amb Alemanya i Itàlia. I això no va agradar gens als sectors més favorables als règims nazi i feixista. Un nou cop d'estat posà a la presidència el general Edelmiro Farrell. I el seu vicepresident va ser un home que marcaria una època i que, per la seva influència històrica, encara té coses a dir a la política argentina més d'una vintena d'anys després de mort: el general Juan Domingo Perón.

Perón havia nascut a Buenos Aires el 1895. Ja havia participat en el derrocament del president Yrigoyen. Després, va dirigir un misteriós Grupo de Oficiales Unidos i seria un dels líders del cop de 1943. En el govern Farrell, Perón va ser, a més de vicepresident, director del Departament Nacional de Treball, que de seguida es convertiria en Ministeri de Treball i Previsió.

Des d'aquest càrrec, Perón va promoure una política social, al mateix temps que acumulava poder i desplaçava els seus rivals. Va fomentar l'organització sindical i va pressionar els empresaris perquè oferissin convenis i salaris favorables als treballadors. Si fins aleshores els salaris, en valor real, havien disminuït, a partir d'aquell moment varen augmentar. Tot això li va donar una gran força entre el moviment obrer, sobretot a la CGT.

La derrota dels nazis a la Segona Guerra Mundial va facilitar que la burgesia pressionés per fer fora Perón. L'octubre de 1945 va ser empresonat per la Junta Militar. Però Perón tenia dues cartes importants. Una era la seva política a favor

dels treballadors i els sindicats. L'altra, el seu matrimoni amb una exactriu radiofònica i cinematogràfica: Maria Eva Duarte, que havia nascut a Los Toldos el 1919. Es varen casar el 1945 – era el segon matrimoni de Perón – i quan el mateix any van empresonar el seu marit, ella va saber aprofitar la seva fàcil connexió amb el poble.

La controvertida figura d'Eva Perón (Evita) va servir per aglutinar un impressionant moviment popular. Els pobres, els <<descamisados>>, feren manifestacions espontànies, mentre la CGT cridava a la vaga general per al 18 d'octubre. A Buenos Aires, però, els fets es varen precipitar. Un dia abans que es realitzés la vaga (el dia 17), Eva Perón va canalitzar una gran manifestació que va arribar al Palau Presidencial de la plaça de Mayo per demanar la llibertat de Perón. La Junta no va tenir més remei que accedir a alliberar-lo.

Perón va donar lloc al moviment anomenat justicialisme, que en clau política és més conegut pel nom del seu líder: el peronisme. Es tracta d'un moviment complex, que en origen barrejava reivindicacions socials i nacionalistes i que se situava a si mateix equidistant del capitalisme i del comunisme. Si més no, va tenir la virtut d'atreure les classes més baixes i alguns sectors de la burgesia. Va ser un moviment tan complex que va donar lloc més tard fins i tot a un grup d'extrema esquerra – els <<montoneros>> – , que a partir del 1969 cometé diversos actes terroristes.

Perón havia fundat el Partit Justicialista el 1943. El 1946 es va presentar a les eleccions com a moviment peronista. Va tenir la curiosa habilitat de posar-se gairebé tota la resta de forces en contra: la coalició que pretenia derrotar Perón incloïa conservadors, radicals, socialistes i comunistes. En canvi, Perón tenia el suport de l'Església, els militars, els sindicats i sectors benestants que temien més la implantació del comunisme que no pas al general populista. Perón va guanyar i va accedir a la presidència.

Perón va crear una dictadura de facto i es va convertir en un dels pocs aliats que el règim de Franco va tenir a l'estranger aquells anys. Va aprofitar el bon moment econòmic de la postguerra. També va voler controlar encara més els sindicats. En va crear de paral•lels mentre intentava dificultar el funcionament dels ja existents. A més, els va donar una orientació de serveis: facilitava assistència mèdica i centres de vacances als afiliats. Aquestes prestacions van fer augmentar l'afiliació. Tot això, junt amb la puja de salaris, el va ajudar a frenar les nombroses vagues que pati – el 1946 se'n varen fer 142, l'any següent 64 i 103 el 1948 .

Però la política de nacionalitzacions i la comercial va ser nefasta. Fins al 1950 la inflació va pujar més que durant la guerra. Les exportacions entre 1947 i 1949 foren un terç de les que hi havia hagut entre 1945 i 1946. El pes d'Argentina en el mercat mundial de blat i de blat de moro va caure de forma impressionant. Perón va desenvolupar una política industrial que no considerava la importància que per al país tenien els sectors de la carn i el gra. En canvi, va afavorir els obrers, en detriment dels propietaris rurals.

Tot i així, el 1951 va tornar a guanyar gràcies al suport dels treballadors. La prematura mort d'Eva Duarte, el 1952, el va privar del suport popular i de bona part de la capacitat d'influència en les masses. La corrupció del règim, la crisi econòmica i els enfrontaments amb l'exèrcit i l'Església provocaren la seva caiguda. El 1955 s'exilià a Espanya. La seva influència política, afavorida per la mitificació i per uns governs que tampoc no podien dominar la situació econòmica, va fer que els peronistes – primer fora de la llei i després legalitzats – obtinguessin bons resultats electorals. Finalment, guanyaren les eleccions de 1973, Perón retornà i ocupà la presidència que li cedi el vertader vencedor: Héctor J. Cámpora. La seva tercera dona, l'exballarina Maria Estela Martínez de Perón – <<Isabelita>> – va ser vice-presidenta.

Perón ja estava malalt i va morir el 1974. La seva dona el substituï, però sense preparació per ocupar un càrrec de tanta envergadura. Va ser deposada per un nou cop militar que, el 1976, va instaurar una nova dictadura, durant la qual hi va haver milers de morts i desapareguts. La dictadura militar també va portar el país a la pitjor situació econòmica dels darrers anys. Entre 1976 i 1977 els salaris reals varen reduir-se a la meitat i un país de menys de 30 milions d'habitants tenia, el 1981, un milió i mig d'aturats que no rebien cap ajut econòmic. El deute extern va passar de 8.000 milions de dòlars el 1976 a 30.000 milions el 1981. I la inflació assolía uns nivells tan increïbles – el 120,7% el 1981 – que el valor de la moneda queia en picat. La gent que desitjava un producte feia bé de comprar-lo de seguida, perquè al cap d'unes hores ja podia haver pujat de preu.

Quant al peronisme, no havia desaparegut amb Perón, tot i que un sector ja es diferenciava de la ideologia totalitària que havia estat. El desprestigi i la corrupció en què l'havien fet caure la vídua de Perón i els seus acòlits va provocar que perdés les eleccions de 1983 – primeres després de la dictadura militar –, que guanyà el radical Raúl Alfonsín. Abans, a l'ala més reaccionària, controlada per dirigents corruptes partidaris de Maria Estela Martínez de Perón, se li havia oposat la més jove i revolucionària, partidària d'una política social. Fou aquesta ala la que va patir una terrible repressió durant la dictadura, com la patiren, òbviament, els moviments d'esquerra.

Les filles de Santaló van militar en aquest peronisme progressista, tot i que sortosament van poder escapar a la repressió dels militars i a les accions dels grups paramilitars. A Santaló li va costar una mica entendre-ho, perquè per a ell el peronisme era semblant al feixisme. Però dintre del partit hi havia uns plantejaments ben diferents, que a poc a poc s'imposaren. Després del fracàs electoral del 1983, els peronistes s'escindiren entre els ultradretans, lligats a les màfies sindicals, i el sector renovador. Aquest darrer va aconseguir portar a la presidència de la república, el 1989, al peronista Carlos Menem, que va ser reelegit el 1995 i que a l'hora d'escriure aquestes línies és l'actual president, a l'espera de les eleccions que han de tenir lloc aquest 1999 .

TEMPS DIFÍCILS PER A LA CIÈNCIA

Seguir la trajectòria final de Perón i la més recent del peronisme ens ha dut massa lluny en el temps. Però calia fer l'exposició per entendre la situació en què es trobava Argentina a mitjan dels anys 40. La situació econòmica que havia trobat Santaló s'havia anat degradant i la política també. Les simpaties dels militars per les potències de l'Eix varen comportar una situació curiosa. Santaló, Levi i altres exiliats que fugien de dictadures de dretes havien trobat refugi en un país neutral. Però el règim militar afavorí que, acabada la guerra mundial, molts nazis es refugiessin a l'Argentina. Alguns eren bons en el sentit tècnic, com ara French, que excel·lia en electrònica i que va estar al país un parell d'anys. Però d'altres només van ser acollits pel fet de ser nazis i per salvar-los de la persecució internacional.

I mentre Argentina acollia nazis sense cap vàlua, perdia científics propis de categoria. Paradoxalment, el país s'havia enriquit amb científics que havien hagut d'escapar de règims totalitaris i ara, amb el règim de Perón, afavoria que vertaderes eminències pròpies marxessin.

El cas més significatiu és el de Bernardo Alberto Houssay. Havia nascut a Buenos Aires el 1887 i moriria a la mateixa ciutat el 1971. Farmacèutic i doctor en Medicina, es va dedicar a la docència i a la recerca en fisiologia. Els seus treballs més importants es referiren a la hipòfisi, una glàndula que es troba a la base del crani. Houssay va demostrar que la hipòfisi influïa en el metabolisme dels hidrats de carboni. Va observar que l'extirpació de la hipòfisi atenuava la diabetis, mentre la injecció d'extractes d'aquesta glàndula l'afavoria. També va veure que les glàndules suprarenals i, en menor mesura, la tiroides tenien una acció similar.

El 1947 va rebre el premi Nobel de medicina i fisiologia pels seus descobriments sobre el paper del lòbul anterior de la hipòfisi amb el metabolisme dels hidrats de carboni. El va compartir amb el matrimoni txec nacionalitzat nord-americà format per Carl Ferdinand i Gerty Radnifz de Cori. Tots dos varen investigar l'anomenat metabolisme catalític del glucògen, relacionat amb la forma com l'organisme utilitza els glúcids que ingereix.

Poc abans de rebre el Nobel, Houssay era professor a la Facultat de Ciències Mèdiques de Buenos Aires. Però les seves postures en favor dels Estats Units durant la Segona Guerra Mundial feren que el règim de Perón li passés factura. Va ser destituït i va haver de marxar als Estats Units per continuar els seus treballs. Vivia allà quan li van concedir el premi. La premsa controlada i manipulada del peronisme va treure importància al guardó i va voler fer veure que era una maniobra política contra el règim.

La dictadura de Perón va passar, però els treballs de Houssay són avui vigents i varen obrir nous camins en la recerca mèdica. Quan Perón es va exiliar, Houssay va poder tornar al seu país. Hi va tornar a exercir com a docent i va promoure la política científica.

Santaló recorda que Houssay era un home molt treballador, infatigable. També era d'una gran honestedat. El 1958 va fundar el CONICET (Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnica). Els seus principis ètics li feren deixar ben clar als membres del comitè – entre ells, Santaló – que mentre en formessin part no pujarien cap esglaó en la seva carrera d'investigadors. Per molta vàlua que tinguessin, ni tan sols es podia donar peu a la sospita que formar part del CONICET permetia progressar.

També era molt estricte amb les despeses. Quan calia enviar algú a l'estranger sempre demanava fons a altres institucions, però mai no podia pagar el mateix comitè. I tot i els viatges que hagué de fer en representació del comitè, gairebé mai no va utilitzar-ne els fons. Tot això feia que el pressupost del comitè rendís molt més a les seves mans.

En honor seu es va instituir el Premi Interamericà de Ciències Bernardo A. Houssay, que alternativament es dedica a diverses especialitats i que concedeix l'OEA (Organització d'Estats Americans). El 1986 el va guanyar precisament Lluís Santaló.

El cas de Houssay, tot i ser probablement el més important, no va ser l'únic. A Cortés Pla, el degà que havia contractat Santaló a Rosario, el varen fer fora i se'n va anar a Washington. Santaló recorda que un dia va aparèixer un professor que els va dir: <<Vinc a fer la revolució>>. I la revolució va consistir a fer fora tots

aquells que no fossin peronistes. Santaló no va patir persecució, perquè mai no havia tingut activitat política – no era partidari de fer política dintre les universitats. Però es va quedar sense molts amics. La situació no afavoria la recerca i les condicions econòmiques i socials tampoc no eren tan temptadores com per no intentar canviar d'aires durant un temps. Per això, Santaló va pensar a demanar una beca.

A L'INSTITUT D'ESTUDIS AVANÇATS DE PRINCETON

Santaló havia conegut un temps abans un matemàtic nord-americà anomenat Marshall Harvey Stone. Aquest havia nascut a Nova York el 1903 i està considerat un dels matemàtics més importants del segle. Havia estat professor a Harvard, Columbia, Yale i Stanford i aleshores estava a la Universitat de Chicago. Stone fou un gran matemàtic, que publicà més de 300 teoremes originals, alguns dels quals porten avui el seu nom. Però la gran passió de Stone era viatjar, conèixer el món i la gent.

Santaló opina – probablement amb raó– que Stone era una de les <<antenes>> que els nord-americans desplegaven, en diversos camps, per conèixer el nivell d'altres països en diferents disciplines i veure quines persones valia la pena ajudar. En una època en què Argentina només rebia de tant en tant algun matemàtic molt il·lustre, la visita de Stone i del professor Albert, de Chicago, entre d'altres era, si més no, curiosa. A més, no es limitaven a fer conferències o donar classes. Parlaven amb els matemàtics, els preguntaven què feien, com veien el seu treball. En definitiva, volien conèixer l'estat d'aquella ciència i els noms de les persones que despuntaven.

Santaló va demanar una beca de la Fundació Guggenheim, un ajut molt difícil d'aconseguir. A més de la vàlua dels seus treballs, sens dubte devia comptar amb l'ajut de Stone. Aquest havia reunit a Chicago un dels millors equips de matemàtics del món, amb noms com Mac Lane, Whitney, André Weil, Zygmund i d'altres. El cas és que Santaló va aconseguir la beca per anar a Princeton –a New Jersey–, però també tenia la invitació de Stone per impartir un curs a Chicago. Allà hi va deixar empremta. Quan Claudi Alsina assistí a la Universitat de Massachusetts a Amherst als cursos de Stone i mantingué llargues converses amb ell, pogué constatar que el matemàtic nord-americà guardava grans records i anècdotes de Rey pastor, Pi Calleja i Santaló, escola a la qual admirava.

Santaló, Hilda i Tessi varen marxar, doncs, un parell d'anys als Estats Units. Era el 1947 i la filla gran del matrimoni tenia un any. S'hi van estar fins al 1949 .

Poder estar aquell temps a Princeton era una oportunitat que ningú no hauria desaprofitat. L'ambient intel·lectual que hi havia tant a la Universitat com, sobretot, a l'Institut d'Estudis Avançats era difícilment igualable. Sens dubte, Albert Einstein era, a l'Institut, l'estrella, el mite vivent a qui els altres podien escoltar o amb qui podien conversar. Era una figura tan impressionant que fins i tot es deia que quan va morir el seu despatx no el va ocupar ningú i que continuava ple de papers i llibres escampats i amb fórmules a la pissarra, tal com l'havia deixat el genial físic. Es tracta d'una simple llegenda, ja que un astrònom danès, Bengt Stroemgren, va ser el següent inquilí de lloc tan il·lustre. El 1986 hi va anar a parar un matemàtic: Arne Beurling.

Com hem explicat abans, l'arribada del nazisme a Alemanya va comportar la persecució de molts científics. Una bona part va haver de fugir i el nivell de la ciència i la tecnologia alemanya se'n va ressentir. Un dels qui va marxar era Einstein, un cas emblemàtic per la seva categoria científica i humana, la seva condició de jueu militant i les seves postures pacifistes. Einstein va rebre la invitació per anar a l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton.

Mentre Alemanya perdia científics, filantrops americans havien dissenyat instituts que, curiosament, seguien el model d'alguns centres alemanys de recerca. Un dels instituts que es posaren en marxa va ser el situat junt a la Universitat de Princeton. I qui va muntar les estructures acadèmiques era el matemàtic Oswald Veblen.

L'Institut va començar a funcionar el 1933. L'objectiu era que els investigadors de més renom poguessin fer recerca i concentrar-se en les seves línies de pensament sense dependre de les altres ocupacions que tenien a les facultats. No havien de donar classes obligatòries ni esmerçar temps en qüestions burocràtiques. Només havien de pensar i treballar. Era el que alguns van anomenar <<paradís per a estudiosos>> o <<hotel per a intel·lectuals>>. Tenien habitatge, esmorzar i dinar assegurats i sopar dos dies a la setmana. Sopar la resta de dies no era problema, perquè també comptaven amb un sou més que acceptable.

El fundador de l'Institut i el seu primer director va ser Abraham Flexner. Va pensar que era bo començar les activitats amb matemàtics, ja que aquests investigadors <<tracten de conceptes intel·lectuals que desenvolupen pel seu propi interès sense consideració de la seva possible utilitat, però, a través d'aquesta mateixa llibertat per a la recerca de l'aparentment inútil, estimulen als científics, als filòsofs, als economistes, als poetes i als músics, sense ser conscients, en absolut, de cap necessitat o responsabilitat per fer-ho així... Es

necessita poca cosa, uns pocs homes, uns pocs estudiants, unes poques habitacions, llibres, pissarres, guix, paper i llapis>>.

Al marge de les grans instal•lacions que la ciència de mitjan de segle ja començava a exigir, Princeton obtenia un alt rendiment sense gaire material. Podríem recordar aquella anècdota que s'atribueix a Einstein: quan li varen preguntar en una roda de premsa on tenia el seu laboratori, va treure el llapis de la butxaca i va dir <<Aquí>>.

Aquesta elevada concentració de ments privilegiades incloïa molts noms il•lustres de la matemàtica: Oswald Veblen, James Alexander, Marston Morse, John Von Neumann, Kurt Godel, Deane Montgomery, André Weil i Hermann Weyl, entre molts d'altres que repartien temps entre la Universitat i l'Institut. No era estrany que tots els matemàtics del món desitgessin passar per Princeton encara que només fos uns dies a l'any.

Si Einstein, amb les seves teories, removia tant el món físic com el matemàtic – per no esmentar altres camps –, la matemàtica trobava impulsos extraordinaris. Valia la pena referir-se breument a algunes d'aquests personalitats. Així, Godel era l'autor del famós teorema que porta el seu nom. Havia nascut a Brno el 1906. Pels jocs de fronteres que sacsegen els territoris, Godel havia nascut a l'Imperi austro-hongarès, però la seva ciutat, situada a Moràvia, va passar a pertànyer a Txecoslovàquia i ara es troba a la República Txeca. En tot cas, el 1948 es va nacionalitzar nord-americà.

El seu famós teorema d'incompletesa de l'aritmètica es referia a les possibilitats de deduir o no, a partir dels axiomes matemàtics, totes les lleis d'una teoria. La matemàtica és autoconsistent, perquè a partir dels axiomes es pot atribuir a una afirmació o bé la seva validesa o bé la seva falsedat. En canvi, el 1931 Godel va demostrar que per a tot conjunt d'axiomes sempre hi havia proposicions de les quals no es podia afirmar si eren o no vàlides. I que si s'hi afegien nous axiomes per demostrar la seva validesa o falsedat, es podrien trobar altres afirmacions impossibles d'analitzar. En definitiva, mai no hi podia haver un conjunt d'axiomes que fos tan complet com per permetre analitzar totes les afirmacions matemàtiques.

Això no significa que les matemàtiques no fossin autoconsistentes, sinó que dintre de la seva consistència sempre hi pot haver teoremes o proposicions que escapin a la possibilitat d'anàlisi. La solució és aplicar a cada situació el conjunt d'axiomes que poden ser útils. Com hem vist abans, després de molts segles que la geometria euclidiana fos l'única que es considerava vàlida, van sorgir les geometries no euclidianes. I cada una pot tenir aplicació en problemes concrets.

Un altre matemàtic amb qui Santaló va coincidir a Princeton va ser el francès André Weil. És un dels grans noms de la matemàtica del segle i de tots els temps, però per raons familiars la seva biografia ha de fer referència a camps ben allunyats d'aquesta ciència. La seva germana menor, Simone, va ser una famosa filòsofa i escriptora. Nascuda a Paris el 1909, va entrar a treballar en una planta de la fàbrica Renault per experimentar en pròpia pell l'impacte psicològic que patien els obrers i les obreres. Va participar en la guerra civil espanyola i en la resistència francesa. La seva obra palesa tant preocupacions socials com religioses. Va morir a Londres el 1943.

El seu germà gran, André, havia nascut el 1906, també a Paris. Als 22 anys ja va demostrar la seva vàlua amb una tesi doctoral que tindria gran influència en la matemàtica del segle. Incloïa entre altres coses el teorema de Mordell-Weil, de gran importància encara en teoria de nombres. També és autor de la conjectura de Weil, que va facilitar, junt amb altres eines matemàtiques, el camí cap a la demostració del teorema de Fermat.

Weil era tan potent en l'intel·lecte com feble en el físic. Petit, prim i miop, no va viure uns moments fàcils els anys 40. Mentre es trobava fent turisme a Finlàndia va esclatar la Segona Guerra Mundial. Amb el record de la duresa de la guerra de 14, Weil va decidir no tornar al seu país per incorporar-se a files. La invasió soviètica de Finlàndia va comportar la seva detenció i l'acusació d'espionatge. Condemnat a mort en un judici sumaríssim, es va salvar de l'execució gràcies a un col·lega finlandès de molt prestigi, però va ser deportat a Suècia i d'allà va ser extraditat a França. Després d'uns mesos de presó a Rouen, va reconèixer-se culpable i va acceptar d'ingressar a l'exèrcit.

A la presó havia iniciat els seus treballs sobre la teoria clàssica de les integrals abelianes i sobre problemes topològics. Després va completar les recerques als Estats Units i al Brasil. També va estar a Chicago i a Princeton, on va coincidir amb Santaló. Però Weil va dedicar-se també als no entesos i va fer treballs, tant en anglès com en francès, per divulgar la naturalesa de les matemàtiques a un públic ampli. Com Santaló, també es va preocupar de l'ensenyament i de la història d'aquesta ciència. Weil va morir el 6 d'agost de 1998, a Princeton, on havia treballat fins pocs anys abans.

Cal no confondre Weil amb Hermann Weyl, un altre dels matemàtics de Princeton, que havia nascut a Elmshorn (Alemanya) el 1885. Va ser professor a Zuric i a Gottingen i el 1933 va marxar a Princeton. Va fer recerques sobre geometria infinitesimal, topologia i sobre la relativitat, entre d'altres temes. Santaló explica que va ser l'únic de qui va seguir els cursos complets. Era un professor de claredat i visió extraordinàries. Tot i que l'especialització ja

començava a compartimentar les matemàtiques, Weyl s'interessava per tots els camps. Tenia una visió global que li permetia influir en les branques més diverses, fins i tot en física i química. Per a Santaló, Weyl devia ser un dels darrers enciclopèdics. Quan les circumstàncies li ho van permetre, Weyl va tornar a Alemanya. Va morir a Zuric (Suïssa) el 1955, curiosament, el mateix any que moria Einstein, de qui havia estat col·laborador, i a la ciutat on el pare de la relativitat havia estudiat.

Un altre personatge interessant, tant pel seu paper dintre les matemàtiques com per la seva projecció personal i social va ser John von Neumann. Havia nascut a Budapest (Hongria) el 1903 – era, doncs, com Godel, austrohongarès de naixement. Després d'estar a diverses universitats europees, com Gottingen, va haver de marxar, com tants d'altres, i va anar a parar a Princeton. Allà va conèixer el físic Robert Oppenheimer, el pare de la bomba atòmica, que seria el director de l'Institut des de 1947 a 1965.

Si Princeton era un paradís per a intel·lectuals, von Neumann no estava disposat a renunciar a certes característiques del paradís. Per això, a diferència de molts dels seus col·legues, organitzava grans festes a casa seva. L'es preocupava que fossin les millors de la ciutat. Les festes donaven peu a converses molt enginyoses, com no podia ser d'altra manera amb tan il·lustres convidats. De tant en tant es retirava la catifa i es ballava i també hi havia beguda abundant.

La ment de von Neumann era tan peculiar que, de vegades, en plena festa, es retirava un parell d'hores al seu despatx per treballar. Podia passar en uns segons de la gresca a la reflexió profunda. Diuen que la seva memòria era tan potent que podia repetir fil per randa el text d'un llibre llegit mesos abans. Probablement hi ha aquí alguna exageració. Però una imatge palesa la seva capacitat: es deia que era un semidéu, que havia realitzat un estudi detallat dels humans i que podia imitar-los perfectament. Era no sols una ment privilegiada, sinó també una persona plena d'humor i calor humà.

Malauradament, les seves postures no sempre eren tan favorables a la humanitat. Va ser un dels decidits partidaris de continuar el programa d'armes nuclears després de la Segona Guerra Mundial i de no abaixar la guàrdia enfront del perill soviètic. Val a dir, però, que va tenir una gran honestedat: quan Oppenheimer va ser investigat i acusat de traició i filocomunisme, von Neumann, malgrat les diferències ideològiques, va testimoniar a favor del seu amic.

En el camp matemàtic von Neumann va fer aportacions tan importants com la teoria de jocs, que va elaborar el 1928 i que permet estudiar les posicions i estratègies més favorables en diverses situacions. La teoria es pot aplicar a coses

tan senzilles com una partida de cartes, però també ha tingut el seu paper en fets tan complexos com l'economia, la negociació política i fins i tot la guerra. El 1944 va publicar, junt amb O. Morgenstern, un llibre on s'aplicava al camp econòmic. Von Neumann també va facilitar la construcció d'un dels primers ordinadors, l'EDVAC, gràcies als plànols que va elaborar el 1945. Encara avui s'anomena arquitectura de von Neumann al principi sobre el qual es basen tots els ordinadors coneguts. A ell es deuen també les anomenades màquines de von Neumann, una especulació teòrica, però ben consistent, sobre màquines que serien capaces d'autoreplicar-se, de construir nous individus de la seva espècie.

A Princeton, von Neumann era una excel·lent font per als estudiants i per als seus col·legues. Dominava tant la matemàtica teòrica com l'aplicada. Feia conferències sobre estadística quàntica, hidrodinàmica matemàtica, teoria de la mesura... De les seves conferències, se'n prenen notes que circulaven després en forma de fotocòpies i que eren una de les principals fonts d'informació en diversos camps novedosos de la matemàtica. Va morir prematurament, d'un càncer, el 1957.

Aquestes pinzellades simplement pretenen revelar l'atmosfera erudita que hi havia a Princeton en aquells anys. Això demostra que rebre la beca Guggenheim va ser un fet importantíssim per a Santaló. Alliberat de fer classes – tret de les que tenia compromeses amb Stone – podia assistir a conferències, participar en converses, envoltar-se d'un ambient que tenia un ritme creador vertiginós. Santaló va publicar, només entre 1947 i 1949, deu articles en revistes especialitzades. I el més important és que va tenir temps per elaborar la seva gran obra, la que seria referència ineludible en el camp de la geometria integral. Es tracta de *Introduction to Integral Geometry*, que s'editaria a París el 1953 i que seria traduïda al rus el 1956.

Acabada la beca, a Santaló se li presentava un dilema: tornar o no a l'Argentina. Tenia diverses ofertes d'universitats. Obtenir plaça a les més importants era difícil, però s'hi podia haver quedat com a becari o en un càrrec modest. Diverses universitats més petites li oferien càrrecs i quan més petita era la universitat més temptador era el càrrec ofert.

Però Santaló va decidir de tornar a l'Argentina. Va pensar que la seva família estava a Catalunya i la de la dona a l'Argentina i que només faltava que ells dos i la seva filla es quedessin als Estats Units. A més, allà s'hauria trobat més sol. El seu caràcter és més aviat tímid, no tenia facilitats per fer amistats ni per dur a terme vida social. D'amics íntims, n'ha tingut molt pocs i entre aquests ell sol esmentar només Manuel Balanzat.

Per tot això, va pensar, junt amb la seva dona Hilda, que el millor era tornar a l'Argentina. Allà l'esperaven noves oportunitats i, sobretot, molta feina.

La consolidació del prestigi i la creació d'una escola

El 1949, ja de retorn a l'Argentina, Santaló es va trobar amb una oferta de la Universitat de la Plata. Tot i que l'interventor de la Universitat del Litoral, on estava, era parent de la seva dona i que a Rosario desitjaven que es quedés, Santaló va decidir de traslladar-se de ciutat. I així és com va anar a parar a Buenos Aires. La Plata és la capital de la província de Buenos Aires i es troba uns 50 quilòmetres de la metròpoli. Però amb el creixement de la zona es pot dir que ara ja forma part del Gran Buenos Aires.

El seu títol a La Plata era professor de Matemàtiques Superiors. Li havien donat una càtedra com a interí, sense concurs i amb nomenament directe. És obvi que el seu prestigi, ja ben assentat, va influir en l'oferta que rebé. Però ell, amb la seva modèstia, ho explica de forma diferent. Simplement diu que allà necessitaven un professor que donés Geometria Diferencial i que li consultaren a Rey Pastor, que el va recomanar.

Només cal explicar una anècdota per demostrar que Santaló tenia un gran prestigi científic, que ja venia de lluny. Quan els anys 40 Rey Pastor va fer un viatge a l'Amèrica del Nord, va rebre lloances sobre el treball que es feia a l'Institut de Rosario. Ell va respondre: <<Si, hi ha en Beppo Levi>>, entenent que el director de l'Institut era un nom il·lustre i que les lloances tenien molt a veure amb ell. Però li varen comentar que qui estava fent publicacions molt interessants en aquell institut era Santaló. Després de Princeton, doncs, el seu prestigi havia augmentat, però ja venia d'enrera.

El nou càrrec de professor a La Plata era un progrés en la seva carrera, però en aquells moments un sol lloc de treball no donava prou per viure. Sobretot tenint en compte que la família s'havia ampliat i ja havia nascut la segona filla Alicia. Durant uns quants anys, Santaló va fer com molts altres col·legues: compaginar diverses feines. Va provar de traduir llibres, però la primera experiència havia estat tan costosa que va decidir de no tornar-ho a intentar. Al cap d'uns anys li oferiren una plaça com a professor de geometria a l'Escola Superior Tècnica de l'Exèrcit. I també va participar en la Comissió Nacional d'Energia Atòmica (CNEA).

Durant un temps, doncs, Santaló feia molts desplaçaments. Anava a La Plata, donava classes a l'escola de l'exèrcit, assistia a reunions de la Comissió, feia els estudis que li encarregaven, continuava les seves recerques... En tot cas, la seva posició ja estava ben consolidada. Fins i tot havia dirigit la primera tesi doctoral. L'alumna que va tenir l'honor d'encetar la llista era Leticia Varela i el títol de la

tesi, que va acabar el 1952, <<Propiedades Infinitesimales de Curvas y Superficies en Espacios de Curvatura Constante>>. Després, fins al 1988, Santaló dirigiria 11 tesis més. Quant a publicacions en revistes especialitzades, el 1952 ja en tenia 83.

El seu treball a la CNEA va començar el 1952. La història d'aquesta comissió és ben curiosa. Resulta que Perón es va deixar seduir per un austríac, un tal Richter. Les simpaties cap al nazisme havien conduït a acollir molt alemanys i austríacs, alguns dels quals tenien ben poca capacitat tècnica, però probablement una oratòria capaç de convèncer un dictador. El cas és que Richter va convèncer Perón que podia aconseguir la fusió nuclear sense una inversió extraordinària..

En aquell temps, recents les primeres bombes atòmiques i encara lluny el primer reactor d'energia nuclear per a ús civil, Perón podia haver estat menys ingenu. Però potser era la mateixa novetat d'una nova font d'energia i el seu potencial – civil i militar – que el va decidir a provar. Richter va rebre tots els mitjans per construir el centre de recerca que necessitava a San Carlos de Bariloche, als Andes argentins.

La pintoresca història està explicada en un llibre del físic M. Mariscotti, publicat el 1987 a Buenos Aires amb el títol *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en Argentina*. En perspectiva, era obvi que Richter no tenia ni idea del que feia ni Perón entenia què li proposaven. L'energia nuclear que havia estat utilitzada a Hiroshima i Nagasaki era de fissió, obtinguda quan un àtom – per exemple d'urani o de plutoni – es parteix en dos. L'energia nuclear de fusió consisteix en la unió de dos àtoms i és la que produeix l'energia dels estels.

Però els estels posseeixen unes condicions de pressió i temperatura que permeten el desenvolupament de la reacció. Fins avui, la fusió nuclear només s'ha obtingut durant fraccions de segon i gastant quantitats enormes d'energia. És possible que d'aquí a unes dècades es pugui utilitzar comercialment, però encara calen molts esforços tècnics i econòmics. I això tan complex, que avui encara no s'ha assolit, era el que Richter deia que podia realitzar de forma senzilla.

Perón feia propaganda: <<Obtindrem tanta energia que ens en sobrarà i en vendrem als països veïns>>. A més de la seva ingenuïtat tenia el problema afegit que no hi havia cap expert en energia nuclear al país.

Quan Eva Perón va morir, el seu marit tenia molts maldecaps i els diners gastats a Bariloche, sense obtenir cap resultat, n'eren un més. Per això, va crear una comissió que estudiés el tema. La comissió va concloure que Richter no havia fet res d'útil – tret d'uns edificis que servien per a centre de recerca en un lloc

tranquil i allunyat de la capital. Malgrat això, Richter va patir simplement arrest domiciliari i després va seguir vivint tranquil·lament a Buenos Aires, on va morir.

Per estudiar l'energia nuclear de forma seriosa, Perón va ser convençut que calia seguir treballant amb una comissió. En van formar part diversos físics: Isnardi, Galloni, González Dominguez, Scarfiello. .. La comissió va incorporar també químics i matemàtics. I entre aquest hi havia Santaló, tot i que ell reconeixia que no sabia gairebé res d'energia nuclear. I en va formar part fins al 1957. Mentrestant, com hem explicat al capítol anterior, Perón va ser enderrocat i es va exiliar. La situació del país s'havia fet tan insostenible que el cop que el va fer fora es coneix com a <<Revolución Libertadora>>.

Malgrat les seves limitacions en el camp de l'energia nuclear, Santaló es va lliurar amb entusiasme, com sempre, a la tasca. Un company de la comissió, l'enginyer Óscar A. Quihillalt, recordaria anys després, en un homenatge a Santaló, que aquest havia acceptat de seguir a la CNEA en un moment en què el desànim promovia el desig de marxar a l'estranger o d'estalviar-se de participar en comissions sense gaires mitjans. Santaló va voler aixecar els ànims i donar exemple amb el seu treball. Fins i tot per reduir la desil·lusió dels enginyers que no podien fer gaire res va demanar d'impartir-los un curs sobre reactors nuclears. Per això es va basar en un llibre anglès, força especialitzat, que havien rebut. Més tard, quan la CNEA es va quedar sense cap de Personal, Santaló es va oferir per ocupar el càrrec durant uns mesos. Aquest era el seu tarannà: col·laborar allà on calgués, sense que realitzar funcions que no li corresponien li representés cap problema.

La CNEA també li va proporcionar a Santaló una satisfacció personal: havia pogut tornar per primer cop al seu país. En principi, l'havien enviat mig any a París, a estudiar el tema de l'energia nuclear. Tot i fer-ho, va aprofitar l'estada a França per seguir estudiant i investigant en matemàtiques. Però com que per al viatge li havien donat passaport diplomàtic, va decidir trencar momentàniament el seu exili. Primer va anar a Madrid, on va veure vells amics. Després va arribar-se a Girona. Malauradament, no va poder veure la seva mare, que havia mort el 1947 – el seu pare moriria el 1960.

A mitjan dels anys 50 la vida començava a ser una mica menys dura. El règim franquista, que alguns pensaven que cauria amb la derrota d'alemanys i italians, va aguantar gràcies a algun escàs suport extern. Un d'aquests pocs suport era ben important: els Estats Units. L'actitud dels nord-americans va facilitar que l'Espanya franquista fos acceptada a l'ONU. Al mateix temps, un turisme incipient aportava alguns ingressos. I l'autarquia, que el règim havia mantingut com un element característic de la seva economia, va començar a ser abandonada. Per

això, Santaló va trobar un país empobrit, però en condicions millors de les que hauria observat si hagués tornat uns pocs anys abans.

Santaló, malgrat ser oficialment argenti i tenir passaport diplomàtic, no anava del tot segur. Pensava que en algun moment la policia li podia posar problemes i fins i tot detenir-lo. Però la visita va acabar sense incidents i va tornar a Paris i, d'allà, a Buenos Aires.

En aquells moments, la família Santaló ja estava completa: havia nascut Claudia, la tercera filla. Santaló seguia amb el seu ritme de treball. Però l'any 1957 li va sortir l'oportunitat de guanyar menys i viure més tranquil. Hi havia una llei de l'època Perón que no havia estat anul·lada. Era la que permetia als professors tenir un sol lloc de treball a temps complet.

La majoria de professors no veien clar això d'estar a temps complet en un sol lloc. Pensaven que si la feina els fallava es quedarien sense res. Però Santaló fou dels que corregueren el risc. El 1957, doncs, va ser nomenat professor Titular de la Facultat de Ciències Exactes i Naturals de la Universitat de Buenos Aires. Aquell mateix any va deixar la Comissió d'Energia Atòmica i la Universitat de la Plata. Va seguir dos anys més a l'Escola de l'Exèrcit, però després es va centrar en una sola feina i en les seves publicacions.

Aquesta presumpta tranquil·litat només ens permet veure que el ritme que duia abans era frenètic. Les seves filles recorden que se seguia aixecant molt aviat i que a les set del matí ja se sentia la màquina d'escriure. Fins i tot molts dissabtes i diumenges era aquest el so que les despertava. Uns quants anys més tard, comentant aquest record de les filles, Enric Trillas explicaria que en alguna ocasió havia trobat Santaló en la sala d'espera d'un aeroport, absort, escrivint fórmules en un quadern.

I és que Santaló tenia un gran poder de concentració. Quan tenia dues filles, treballava a la mateixa sala d'estar del petit apartament. Tot i les visites, ell seguia teclejant, com si pogués aïllar-se de tot. Quan va néixer la petita Claudia, varen comprar l'apartament del costat. Aleshores podia treballar en una banda i deixar l'altra només per a habitatge.

Malgrat aquest ritme de treball, les seves filles recorden que tenia temps per a jugar amb elles, per escoltar-les, per parlar-hi. Però els seus pensaments matemàtics no l'abandonaven mai. Estava amb elles després de sopar, enraonant, jugant. De cop i volta, s'aixecava, anava al prestatge i agafava un llibre. Li havia vingut una cosa al cap i la consultava. Tancava el llibre i tornava amb les seves filles, a xerrar de banalitats quotidianes. Santaló, familiar i científic en tot moment.

INNOVADOR EN LA DOCÈNCIA

El 1958 es produïa un fet simbòlic: Santaló publicava el seu article científic número 100. No era més important que d'altres, però l'afició a les xifres rodones sempre fa destacar aquestes efemèrides. El títol era <<Un nuevo invariante afin para las figuras convexas del plano y del espacio>> i es va publicar al volum 16 de *Mathematicae Notae*, la revista que ell havia impulsat uns anys abans amb Beppo Levi. Un temps abans també havia rebut el primer honor públic: el 1954 va ser distingit amb el Primer Premio Nacional de Cultura. I el 1959 rebia el premi de la Sociedad Científica Argentina. El 1960 ingressava com a membre titular a l'Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales, que més endavant presidiria – entre 1980 i 1984. En el camp científic, es pot esmentar una altra dada: a la bibliografia inclosa per Lamberto Cesari a l'obra *Surface Area*, publicada el 1956, només s'inclouen dos matemàtics catalans, que són també els únics espanyols citats: Pi i Calleja i Santaló.

Però a més del seu prestigi com a investigador, de la seva tasca en el desenvolupament de les matemàtiques, Santaló va contribuir de manera decisiva a crear una escola argentina de Ciències Exactes. Tot i que ell, novament, es treu mèrit –<<era un de tants>> –, hi ha el testimoni dels deixebles que va formar. La dedicació a temps complet permeté a Santaló, González Dominguez, Scarfiello i d'altres d'esmerçar molt de temps en la formació d'alumnes. Preparaven molt bé les classes, corregien treballs, paraven atenció a qui volia fer consultes o tenir més bibliografia... Santaló podia ser un de tants, però tant el seu lideratge indiscutible en geometria integral com les seves preocupacions sobre la forma d'ensenyar les matemàtiques van donar un fruit molt fecund.

Per què es va dedicar a la docència? En part, com diu ell, per herència. El seu avi havia fet de mestre a Albanyà, el seu pare també ho havia estat, així com el seu oncle, el seu germà gran també s'hi va dedicar... En segon lloc, perquè es va dedicar a la recerca a la universitat. I allà calia alternar la investigació amb la formació dels estudiants.

Però Santaló no es limitava a complir amb la docència com una obligació que li interrompia les hores de recerca. Va reflexionar molt sobre la forma d'ensenyar i sobre allò que calia ensenyar, sobre les necessitats dels estudiants. I així el recorden alguns deixebles. Lázaro Recht, per exemple, explica que va trobar Santaló el 1959. Feia segon curs i Santaló impartia Geometría II. Recht explica que el temari es referia a la geometria projectiva, que no és molt usual en els cursos

generals de matemàtiques. Recorda que la primera pràctica que van fer, la idea de la qual atribueix a Santaló, era molt original. Només tenia un exercici, però que podia durar un quadrimestre. Deia més o menys així: <<Un punt, una recta i una circumferència són tres dades que un pot donar per determinar una circumferència. Per exemple, per tres punts passa una única circumferència. O donats dos punts i una recta es pot buscar una circumferència que passi pels dos punts i sigui tangent a la recta. Digui quins són tots els casos i construeixi amb regla i compàs la solució de cadascun dels deu problemes que es presenten.>> Recht ho va trobar estimulants i passà moltes hores pensant-hi i omplint fulls amb les solucions.

Carlos Segovia Fernández, per la seva banda, explica que primer no va estudiar matemàtiques, sinó química. Era també els anys 50 i diu que pràcticament no hi havia a la Universitat professors que mereixessin aquest nom. Però que quan va fer Geometria III amb Santaló va veure que aquest era el professor <<únic, indiscutible, irremplaçable>>. Va ser Santaló que li va despertar aquesta passió per les matemàtiques.

Un de les coses que més recorden de Santaló era la forma com ensenyava geometria, allunyat de les modes d'aquell temps. Un dels matemàtics més brillants que sorgiren d'aquelles aules, Luis Caffarelli, explica que s'havien estès molt les tesis del col·lectiu Nicolas Bourbaki. El nom no corresponia a un personatge, sinó que amagava un grup de matemàtics francesos, antics alumnes de l'École Normale Supérieure, que signava amb aquest pseudònim col·lectiu. Pretenien que les matemàtiques fossin molt rigoroses, abstractes, formals. Tot havia d'estar escrit, no hi havia lloc per a anàlisis heurístiques.

Tot i que el nom dels seus membres es mantenia una mica en secret, es creu que els cinc fundadors van ser Henri Cartan, Claude Chevalley, Samuel Eilenberg, Jean Dieudonné i André Weil. A partir dels anys 30 la signatura <<Nicolas Bourbaki>> va aparèixer als *Comptes Rendus* de l'Acadèmia Francesa de Ciències i a partir del 1939 començaren a publicar els <<Éléments de Mathématiques>>, que en forma de fascicles i fins al 1970 van oferir una visió unificada de gairebé tota la matemàtica pura – tret de les equacions de derivades parcials i l'anàlisi numèrica a partir de la teoria de conjunts. Aleshores la matemàtica depassà l'àmbit purament numèric i quantitatiu.

El grup Bourbaki va donar lloc a un moviment matemàtic basat en l'estructuralisme i el formalisme, oferint un desenvolupament matemàtic enciclopèdic i rigorós, però poc amic dels elements intuïtius, històrics i referencials que tant contribueixen a la creació matemàtica. Aquest grup tingué també una forta influència en l'ensenyament, amb l'anomenada <<matemàtica

moderna>>, intentant que el mateix procés d'aprenentatge de les matemàtiques reproduís el procés formal de construcció d'aquesta ciència, partint de la lògica i de la teoria de conjunts.

Les matemàtiques, però, no es troben sempre al marge de resultats de la pròpia natura. I en geometria, és evident que, reals o no, les regles i les seves variacions es poden representar a l'espai. Per això, Santaló dibuixava superfícies a l'aire, feia demostracions formals i no formals. Segons Caffarelli, <<ell ensenyava el profund de la matemàtica>>. Bourbaki ha quedat oblidat i en canvi allò que ensenyava Santaló roman, perquè era, segons Caffarelli, la matemàtica real, on ara es posa més èmfasi: I això els va donar avantatge respecte a altres estudiants.

Recht afirma que l'època en què estudiaven era una mica estranya. Recorda que tots estaven una mica imbuïts de les idees de Bourbaki i que Santaló els sorprenia amb altres mètodes. Utilitzava un altre llenguatge i alguns el miraven amb condescendència, com preguntant-se per què parlava de manera imprecisa, antiquada, sense utilitzar la nomenclatura dels nous llibres. Poc després veieren que era Santaló qui estava encertat i aquells llibres de moda el que calia abandonar.

Tot això provoca que el record dels seus alumnes s'ompli d'elogis. Per Ángel Larotonda <<donant classes Santaló és brillant, brillant. És una persona que simplifica a l'extrem tota la presentació, de manera que un pot seguir la classe un altre dia. Quasi sense saber la matèria s'entén la classe. Després calia estructurar-la. Però les seves classes, eren molt "lindas", molt agradables>>. Santaló mai no repetia textos de llibres, sempre oferia una visió personal i claríssima. I per això tothom volia anar a les seves classes.

Potser l'aspecte visual és el més valorat. No omplia pissarres amb fórmules, sinó que amb gestos senzills, dibuixant figures a l'aire, donava a entendre el concepte. No era geometria senzilla, sinó elevada. , Però els alumnes no necessitaven veure un desenvolupament llarg de fórmules, sinó que miraven el traç de Santaló i de seguida entenien el concepte i la fórmula.

Caffarelli, que ressalta aquesta visualitat de Santaló com a professor, diu que ell i els seus col·legues han aplicat després aquest sistema d'ensenyament. I és que la didàctica de Santaló no era una més, sinó que, per a Caffarelli, era <<la didàctica>>. Per ensenyar-la calia que el professor l'entengués profundament, com Santaló. Qui coneix a fons el tema sap extreure'n l'essencial i insistir en l'important, sense donar voltes innecessàries. Naturalment, no tots els científics brillants tenen capacitat per fer-se entendre bé a classe. Però és ben difícil que

algú que no conegui a fons un tema pugui explicar-lo amb senzillesa. Caffarelli acaba amb un elogi contundent: <<Jo diria que la didàctica de Santaló és la didàctica de la Geometria. Que s'hagi desvirtuat, que s'hagi perdut, que hi hagi altres maneres de presentar la Geometria és simplement perquè no són les correctes, són les falses.>>

CREADOR D'UNA ESCOLA

L'èxit de Santaló com a docent no es basa només en el seu profund coneixement de la matèria ni en la seva capacitat per explicar les coses de manera senzilla. Amb vista a crear escola entre els universitaris no n'hi ha prou amb això. Santaló ha contemplat sempre, a més, una altra preocupació: tenir cura de l'alumne. Tal com ell mateix explica, ha tingut diversos projectes de docència. En un intentava que l'alumne, des del principi, s'acostumés a treballar sol. Li donava el tema, la bibliografia i prou. Després va canviar el plantejament, ja que es va imposar un altre esquema formatiu: cada alumne tenia un tutor. I aquest tutor tenia una responsabilitat per resoldre tots els dubtes de l'alumne, per orientar-lo. En definitiva, per tenir-ne cura.

I què volia dir, per a Santaló, tenir-ne cura? Sobretot orientar-los i preocupar-se de les seves sortides. Santaló diu que molts alumnes arribaven amb lleis o teories de les quals havien llegit coses, però que estaven per sobre del que els corresponien. Ell els explicava que primer calia seguir el temari obligatori i que després ja triarien el camp que desitgessin. Un cop l'alumne tenia la base i triava un camp, podia ser que el professor no conegués aquell tema concret. Aleshores, calia adreçar-lo a altres professors, a altres centres.

Explica que això és el mateix que Rey Pastor va fer amb ell quan li va dir que per a estudiar geometria anés a Hamburg. Podia haver anat a un altre lloc, però va anar al més adient. La missió del professor, diu, és aquesta: buscar el lloc adequat i els mitjans, com ara beques, perquè pugui anar-hi. I també, si així ho creu, fer-li veure que aquell camp no valia pena, que el deixi córrer.

I tot, tenint en compte molts aspectes de la personalitat de l'alumne: els seus desigs, la seva vocació, la seva formació... En definitiva, no analitzar fredament i ràpidament per distribuir els alumnes de qualsevol manera, sinó pensant ben bé en què li pot convenir més i en com aprofitar millor el seu potencial. Ell recorda un quadre de Ramón y Cajal i una frase a sota, segons la qual calia no perdre <<ni l'aigua dels rius que van al mar ni els cervells dels nois en la ignorància>>. <<Crec - diu Santaló - que és una de les principals obligacions del mestre. Quan

es veu algú que és intel·ligent, que és capaç, cal ajudar-lo de ple perquè pugui arribar al màxim de les seves possibilitats. Cuidar. El pitjor és que algú que podria fer molt no ho faci perquè no ha trobat el mestre adequat, o perquè no l'han guiat. N'hi deu haver molts així. Però és la principal cosa que el magisteri, en qualsevol nivell d'ensenyament, hauria d'evitar>>.

Santaló no només va evitar que molts cervells es perdessin, sinó que en va saber obtenir un gran rendiment. Entre mitjan dels anys 50 i mitjan dels 60 les matemàtiques argentines, de la mà de Santaló i els seus col·legues, com ara Missa Coltell i la seva esposa, Panzzoni i la seva esposa, Gentile, Orlando Villamayor i Ricabarra, van viure una gran època. A l'hora de citar deixebles, els noms s'acumulen. Són els que es varen llicenciar a partir de 1960: Fatorini, Cora Sadosky, Horacio Porta, Fava, Segovia Fernández... I ja més jove, Luis Caffarelli. Aquest havia nascut el 1948 i després de doctorar-se el 1972 va iniciar una brillant carrera internacional. Des del 1986 és professor a la Universitat de Princeton i el 1994 es va convertir en el tercer argenti nomenat a l'Acadèmia Pontifícia de Ciències del Vaticà.

Aproximadament des de l'any 1956 fins al 1966, va sorgir una generació excepcional de matemàtics. Va ser bona a totes les universitats, però especialment a la de Buenos Aires. Malauradament, molts hagueren de marxar a l'estranger i allà desenvoluparen la seva carrera. No es tractava simplement d'ampliar estudis i fer recerca per tornar més tard. Realment, les circumstàncies polítiques tornaren a ser poc favorables a la recerca. Recordem que un cop derrocat Perón, el Partit Justicialista va quedar fora de la llei. Perón encara tenia cert suport popular, però els militars hi estaven totalment en contra. El 1958 va ser elegit president Arturo Frondizi. Havia nascut el 1908 a Paso de los Libres i formava part de la secció més esquerrana i intransigent del Partit Radical. Però per a la seva elecció va comptar amb el suport dels peronistes i l'acceptació tàcita de Perón des de l'exili. Des del govern va fer una política molt conservadora i afavorí els interessos de les companyies petroleres nord-americanes, per alleujar les finances de l'Estat, però perjudicant, en canvi, les britàniques. El 1962, quan va autoritzar la presència dels peronistes a les eleccions – on varen tenir un gran èxit –, els militars el varen enderrocar. L'any següent va fundar el Movimiento de Integración y Desarrollo, clarament dretà.

El 1962 els militars posaren de president J. M. Guido, que de seguida patí un intent de cop d'estat. Un dels que va aturar el cop va ser Juan Carlos Onganía – nascut a Marcos Paz el 1914. Va ser aquest mateix qui el 1966 es va aixecar contra el president radical Arturo Illia, elegit tres anys abans. Onganía va implantar una dictadura i va ser derrocat el 1970 per una junta militar

encapçalada pel general Levingston. I uns anys més tard, aquest perdé el poder, que passà a mans del general Lanusse. Aquest darrer va convocar eleccions, guanyades pels peronistes, com ja hem explicat. Ongania va ser dels qui es varen oposar al retorn del general. El 1975 protagonitzà novament un intent de cop d'estat, que no va reeixir.

La dictadura d'Ongania va acabar amb l'època daurada de les matemàtiques. Que no sortissin llicenciats de tan bon nivell com abans – tret de Caffarelli – no era culpa dels militars, naturalment. Però una dictadura, que a més era incapaç d'encarar la situació econòmica, no facilitava que el país rutllés. A més, el govern va fer ocupar la Universitat i va acabar amb el clima de llibertat que una bona recerca i una bona docència necessiten.

Entre dictadures i cops, Argentina va viure una situació molt inestable i poc productiva, que només va tenir com excepció el premi Nobel de química per a Luis Federico Leloir. Aquest havia nascut casualment a París, mentre els seus pares feien un viatge de turisme. Era el 1906. Es va doctorar a Buenos Aires investigant precisament un dels camps tocats per Houssay: les glàndules suprarenals i el metabolisme dels glúcids. A partir de 1943 va investigar als Estats Units, on va treballar amb Cori, que compartí el Nobel amb Houssay.

Tant a Argentina com als Estats Units es va dedicar a la recerca bàsica i va descobrir diversos nucleòtids – components dels àcids nuclèics que porten la informació genètica – i estudiant la bioquímica dels hidrats de carboni. Va rebre el premi Nobel <<per les seves recerques fonamentals per al coneixement del funcionament de l'organisme humà>> i especialment pels descobriments que tingueren un gran impacte per entendre a fons la diabetis i altres malalties. Leloir va dir que compartiria el Nobel amb els seus cinc col·laboradors a l'Institut de Bioquímica de la Fundació Campomar: R. Caputto, C. Cardini, A. Paladini, E. Trucco i E. Cabib. Leloir va morir a Buenos Aires el 1987 .

Un Nobel argenti que investigava a l'Argentina era una excepció. En matemàtiques, la majoria dels bons varen marxar. I aquella situació no era nova. Recordem que el 1949 Santaló mateix podia haver-se quedat als Estats Units. Això és precisament el que va fer Alberto Calderón, qui amb Santaló significa el màxim exponent de la matemàtica argentina contemporània i un dels millors investigadors mundials. Calderón havia nascut el 1920 i es va graduar en enginyeria civil. El 1949 va anar a la Universitat de Chicago i allà, junt amb el seu professor, Antoni S. Zygmund, va crear l'anomenada Escola d'Anàlisi de Chicago, d'on va sorgir la teoria de Calderón-Zygmund d'integrals singulars i el desenvolupament de la relació entre l'anàlisi de Fourier i les equacions diferencials parcials. El 1989 Calderón va rebre el Wolf Prize, un dels màxims

guardons mundials en matemàtiques. Va morir el 16 d'abril de 1998, en un hospital d'Illinois.

El fet curiós que destaca Santaló és que Calderón es va formar amb Rey Pastor. Més tard, matemàtics espanyols varen anar a Chicago a formar-se amb Calderón. Es tancava, doncs, un cercle: un espanyol havia format un argenti, que més tard formaria més matemàtics espanyols – com ara Miguel de Guzmán – que, al seu torn, crearien escola i tindrien influència en l'ensenyament de la matemàtica argentina.

Un renovador de l'ensenyament

Santaló va escriure molt sobre l'ensenyament de les matemàtiques, tant per al camp universitari com respecte als ensenyaments primari i secundari. Tal com explica el seu deixeble Carlos Segovia Fernández, hi ha hagut molta gent que ha parlat sobre l'ensenyament de les matemàtiques i ho ha fet sota diferents enfocaments, <<però Santaló, més que prendre aquests tipus de posicions, el que ha fet és escriure... perquè les paraules se les duu el vent, igual que les bones intencions>>. Santaló ha tingut sempre aquesta idea: cal escriure, perquè les coses quedin. I val a dir que Santaló ha sabut parar i escriure amb claredat i elegància.

Moltes de les seves propostes, que es troben en diversos llibres, estan resumides a *L'educació matemàtica, avui*, una obra que Editorial Teide va publicar el 1975 a la seva col·lecció <<Què cal saber>>. Allà Santaló hi fa diverses consideracions sobre les matemàtiques, el seu paper, la seva importància social, la forma d'ensenyar-les. En el cas de l'ensenyament superior, Santaló destacava que la situació havia canviat des que ell estudiava, perquè els alumnes actuals – del 1975, però també d'ara – <<es conformen a adquirir unes certes tècniques o proveir-se d'un conjunt de coneixements que els siguin útils per a defensar-se en la lluita per la vida>>. Per això es declara partidari d'un ensenyament terciari, que es diferenciaria de l'universitari en què aquest darrer seria la culminació dels estudis, mentre l'altre serviria per als professionals que es conformen amb els coneixements aplicables o per als investigadors que es dedicaran a una altra ciència.

Però en tot cas cal establir uns coneixements i una forma d'ensenyar a la Universitat, tant per als que fan matemàtiques com per als qui estudien altres carreres però necessiten unes bases matemàtiques. En el cas dels primers, Santaló manifesta que calia fer coexistir matemàtica pura i matemàtica aplicada, com a l'escola. Criticava la tendència que havia anat constituint uns primers cursos molt purs, amb la qual cosa es feia <<més matemàtica per a l'esperit que per a la vida. S'ha considerat la matemàtica com la ciència del raonament pur i lògic. Hom no n'ensenyava les aplicacions, deixant que l'alumne hi lluités en acabar els estudis si la vida li ho exigia>>. Però això, diu, va fer perdre bons matemàtics que tenien una orientació més aplicada i afavoria que a les facultats sorgís un cert <<anticientificisme>>, un malestar que apareixia per l'eliminació d'una part de la matemàtica.

Per això, Santaló proposava que en l'ensenyament superior hi hagués una part bàsica, de dos o tres anys de durada, en la qual s'estudiés la matemàtica com una unitat, en la seva part pura i en la seva part aplicada. Després, caldria entrar en l'etapa d'especialització, perquè és impossible abastar tota la matemàtica actual amb profunditat.

Quant als no-matemàtics, Santaló destacava que és difícil triar, dintre l'extensió de les matemàtiques, allà que és útil a cada carrera. El problema és que els professors són bons coneixedors de la matemàtica, <<però poc preocupats per la matemàtica que llurs alumnes necessiten>>. Trobar què cal ensenyar i la manera de fer-ho és un gran repte pedagògic.

Per això, Santaló proposa que s'ensenyin algunes coses sense les etapes intermèdies, deixant de banda, si cal, el rigor formal i cridant més al desenvolupament intuïtiu. També cal ensenyar a moure's en la muntanya de coneixements que els matemàtics – com altres científics – han creat. <<Ara – diu Santaló – es tracta d'ordenar i transferir aquestes novetats a aquells a qui poden interessar.>> I com que els matemàtics han fet servir un llenguatge només accessible als no iniciats, ara han d'aplanar el camí <<i transformar els durs corriols, oberts a matxet per esforços pioners, en suaus autopistes per al trànsit dels qui solament desitgen arribar als cims com més aviat millor, per tal d'aprofitar-se dels immensos, útils i bells horitzons que s'hi contemplen>>.

RENOVACIÓ MATEMÀTICA, PERÒ AMB MESURA

En una entrevista que li van fer el 1991 , i que es troba al llibre que li dedicaren dintre la sèrie <<Testimonios para la experiencia de enseñar>>, a Santaló li preguntaren com definiria el docent. Va respondre que el definiria per les qualitats que ha de tenir, sobretot la de no avorrir l'alumne – i menys en l'ensenyament secundari. En les nombroses conferències que ha fet en els darrers anys, Santaló ha explicat que cal fer la classe atractiva i que per això cal buscar la millor forma d'ensenyar.

Una altra necessitat és que el docent conegui l'alumne, cosa que no és fàcil en el sistema argenti, on el professor fa unes poques hores a molts llocs diferents. I fins i tot a la Universitat, encara que als primers cursos no era fàcil, se'l pot conèixer a partir de tercer o quart i, com diu Santaló, <<només mirant ja es veu pels ulls si entén o no entén>>.

A la pregunta de com definiria el concepte d'ensenyar, Santaló destaca que la primera dificultat és decidir què es vol ensenyar. I es tracta que l'alumne aprengui coses noves. Però Santaló no veu que això es produeixi ara al secundari – si més no, a l'Argentina. Declarava que <<l'alumne sap menys en acabar que en començar perquè està malament el programa>>.

Si Santaló s'ha preocupat de l'ensenyament de les matemàtiques a la secundària ha estat, en part, perquè quan va veure les coses que les seves filles havien d'aprendre va pensar que allò era un disbarat. La petita, Claudia, ho explica així: l'any 1973, quan feia quart de secundari, es va trobar que entre l'activitat política creixent d'aquells anys i començar a sortir amb un noi, va suspendre diverses assignatures. I una va ser matemàtiques, que va deixar estar fins a la convocatòria següent de març – el que per a nosaltres seria setembre.

La nit abans de l'examen li va dir al seu pare que no entenia certes coses. I ell, després de mirar-s'ho, li va dir: <<Són "pavadas" això ni ho estudiis perquè no serveix per a res>>. Casualment, allò va ser el que va sortir a l'examen. Així que va seguir arrossegant l'assignatura i es va posar de tots colors quan els professors li preguntaren com era que una filla de Santaló suspenia matemàtiques.

Des d'aleshores, Santaló es va dedicar molt més al tema de les matemàtiques a la secundària, per evitar que hi haguessin en els programes coses que, segons ell, no servien per a res, però que podien dur un alumne al suspens.

Santaló és ferm partidari de la renovació matemàtica, però evitant-ne els excessos. A *L'educació matemàtica, avui* explica que en matemàtiques, passat un cert límit, <<l'exactitud no serveix per a res>>. Cal saber, diu, l'hora d'arribada d'un avió en hores i minuts, però no serveix per a res conèixer-lo en dècimes de segon. També cal saber resultats que sorgeixen d'un conjunt de casos – les eleccions en un país democràtic –, però no importa gens un cas particular – el vot d'una persona concreta.

Per això, en un determinat moment, va néixer una matemàtica menys precisa i menys referida a casos concrets, però molt més útil que la tradicional per a tractar les ciències no exactes: la matemàtica moderna. Per això, aproximadament des dels anys 60, es va anar substituint la matemàtica clàssica, <<rígida i per a un món ideal, per la matemàtica moderna, més flexible i per al món real>>. Això no es refereix a l'aparell lògic, on totes dues matemàtiques són iguals, sinó a l'aspecte calculatori i utilitari. I Santaló destaca que aquesta matemàtica limita amb gran precisió els marges de l'error, perquè <<raonar amb dades i resultats imprecisos exigeix una precisió a vegades més gran que no pas raonar amb dades rígidament exactes>>.

Però Santaló també explica que «l'entusiasme de la novetat deixà de banda les vinculacions d'aquests models amb la natura i amb la vida. Si la matemàtica clàssica, per síntesis i simplificacions successives, havia esdevingut obsoleta per la seva rigidesa, la matemàtica moderna s'havia excedit per l'altre cantó, prenent una fluïdesa i una generalitat que feia difícil de concentrar-la a casos concrets de la vida real».

Era cert que calia reformar l'ensenyament, ja que moltes coses es mantenien simplement perquè el professor les havia après en el seu temps i continuaven en els plans d'estudi. Eren coses que als alumnes no els servien i a més els feia odiar les matemàtiques. «En certs períodes de la història – explica a *L'educació matemàtica, avui* –, amb una manera de viure estacionària, en què la matemàtica i la tècnica progressaven lentament, la tasca de docent era fàcil. Era suficient que mestres i professors ensenyessin allò que ells havien après quan eren estudiants. (...) Els llibres de text també duraven diverses generacions. *Els Elements* d'Euclides van ser llibre de text durant dos mil anys.»

Però ara el ritme del progrés obliga a canviar acceleradament programes i mètodes, la majoria d'ensenyants han d'explicar coses que ells mateixos no van estudiar. I a més «cal preparar els alumnes per al món d'avui i, si és possible, per al de demà en què ells s'hauran de moure».

A l' Argentina, aquesta renovació va dur, segons Santaló, a fer una matemàtica trivial, sense cap dificultat. En una entrevista que li feren el 1991, ho explica de forma contundent, criticant que als llibres de matemàtiques modernes hi hagués sempre els famosos dibuixos de conjunts per deduir coses que el nen ja entén. Santaló explica que s'incloïen unes grans figures per fer entendre que 3 és més gran que 2: hi havia tres micos i dues gàbies i calia posar un mico a cada gàbia. Com que un es quedava sense, s'entenia que 3 era major que 2. Però Santaló deia que això eren puerilitats: «No expliqui això a primer grau, sinó al jardí d'infància. Digui-li a dos nens que s'han portat molt bé i que els donarà el mateix premi a tots dos. I li dóna dos caramels a un i tres a l'altre. I miri la cara que posen.» Es van voler ensenyar coses que el noi ja aprèn sol. I després els alumnes eren fluixos en matemàtiques i arribaven a la Universitat amb un baix nivell.

I és que tal com explica Segovia Fernández, «molta gent es posa a fer canvis i se'ls en va la mà». Però Santaló sempre ha estat molt equilibrat i «va ajudar molt a mantenir el seny en l'ambient». I això s'ha plasmat en molts llibres de text que ha publicat i que milers d'alumnes han fet servir, així com en conferències i textos teòrics i que han ajudat a molts professors a fer nous plantejaments.

Santaló s'ha mantingut sempre al marge de la política, tant de la general com de l'acadèmica, i per això mai no ha tingut càrrecs ministerials ni universitaris. Aquesta independència personal, unida al seu enorme prestigi professional ha permès que en les moltes comissions importants en les quals ha participat la seva veu i el seu bon criteri matemàtic exercissin una forta influència. És coneguda en els mitjans educatius argentins la justificació <<Ho ha dit Santaló>>, que molt sovint ha sentenciat resolucions importants.

Si en el món polític Santaló s'ha mantingut neutral, en el món educatiu s'hi ha involucrat de ple. Ha recorregut molts països fent conferències i cursos per a professorat de secundària, ha escrit nombrosos llibres per a professors i per a estudiants i ha aportat sempre el seu seny docent i matemàtic. El seu llenguatge senzill i humil però sempre motivat i convincent i la seva facilitat de comunicació, mai no mancada d'un fi sentit de l'humor, també ha consagrat Santaló com a conferenciant.

Educativament, Santaló ha defensat sempre posicions renovadores, propiciant canvis, adequacions i modernització del que s'explica i de com s'explica, però defensant, pel damunt de tot, la bona formació matemàtica. Santaló ha entès la didàctica no com a ciència, sinó com a metodologia. Geometria i resolució de problemes han estat dos camps on ha incidit especialment, seguint les línies de pensament de Pere Puig i Adam, George Pólya i d'altres.

La seva vinculació i la seva col•laboració constant amb la Unión Matemática Argentina l'han portat a ser un bon valedor d'una gran organització derivada de l'UMA i l'Olimpiada Matemática Argentina (OMA). L'OMA, liderada en els darrers trenta anys pel professor Juan Carlos Dalmasso, ha generat una innumerable quantitat d'activitats per a professors i alumnes, des de seminaris a concursos, revitalitzant sempre la formació matemàtica i movent milers de persones cada any. A tall d'anècdota, al llarg de 1998 l'OMA va involucrar més de 700.000 persones en les seves activitats. Per a l'OMA, l'ajut, el consell i la participació de Santaló han estat sempre un motiu d'orgull i de referència. I gràcies a ell la tradicional influència de matemàtics de l'Estat espanyol en l'ensenyament argentí ha tingut una continuïtat amb Claudi Alsina, Miguel de Guzmán i d'altres col•laboradors habituals de l'OMA.

A nivell universitari, alguns dels llibres de Santaló esdevingueren autèntics clàssics, destacant l'enorme difusió de *Vectores y tensores con sus aplicaciones*. La seva família explica l'anècdota que, en moltes ocasions en què apareix el nom de Santaló, han sentit exclamar: <<iAh, vectores y tensores!>>. Altres obres influents seves són *La probabilidad y sus aplicaciones*, *Probabilidad e inferencia*

estadística, Geometría proyectiva i La geometría en la formación de profesoras, entre moltes d'altres. Algunes han estat traduïdes a d'altres idiomes.

MATEMÀTIQUES PERA LA SOCIETAT

En el nivell bàsic, dels 5 als 12 anys, Santaló considera que cal ensenyar <<tot allò que hom consideri que ha de saber qualsevol habitant d'un país. Denominem això *alfabetització matemàtica* i qualsevol ciutadà que desconeixi allò que s'hi ensenya ha de ser considerat analfabet matemàtic>>. Això inclou les quatre operacions elementals amb nombres naturals i racionals positius, més algunes definicions geomètriques i les àrees i volums de les figures i cossos més simples i regulars. I tot això sense embotir els coneixements a pressió, sinó fent-los adquirir a través de la curiositat de l'infant, <<el qual, afortunadament, té sempre curiositat per qualsevol cosa que li sigui presentada adequadament>> .

A l'ensenyament secundari, Santaló explica que la matemàtica presenta les mateixes característiques, però que es torna més abstracta i raonada, alhora que apareix <<una de les seves característiques principals: l'axiomàtica>>. També proposa que s'hi incloguin temes com probabilitats i estadística. I també que s'hi introdueixi l'ús dels ordinadors, no pas com un afegit als sistemes tradicionals, sinó perquè la informàtica <<quedi inclosa en els programes de matemàtiques de manera natural, com a cosa substancial amb altres temes>>.

Relacionada en certa manera amb la informàtica, una de les innovacions dels darrers vint anys ha estat l'ús de calculadores electròniques, cada vegada més accessibles, més barates i més potents. Santaló no ha estat mai en contra que es fessin servir. Considera que un cop has fet tot el raonament no cal dedicar temps a una operació que pot fer una màquina.

Finalment, cal prestar atenció a les aplicacions, però no tant a les clàssiques d'aplicar fórmules precises i d'abast limitat, sinó a casos menys definits però més freqüents a la vida real. Això fa que a més d'aprendre una tècnica – com geometria en coordenades o àlgebra lineal – <<s'utilitzin de manera viva conceptes que d'altra manera poden semblar artificials. La teoria de grafes [conjunts de parells ordenats que satisfan una certa relació entre dos conjunts] presenta sovint enginyosos problemes que, en forma de joc, il·lustren molt bé sobre idees profundes de topologia i combinatòria>>.

Tot això ha de portar a una bona preparació per encarar la carrera o la dedicació professional que cadascú triï. Però també és imprescindible per

preparar bons ciutadans. Ara que ens bombardegen amb tantes xifres macroeconòmiques i que ens ofereixen nombroses oportunitats per demanar crèdits, és més important que mai una educació matemàtica que impedeixi tant l'engany comercial al client – o la tria no prou reflexiva – com la manipulació de dades que permeten estendre una determinada idea sobre situacions polítiques o econòmiques o sobre enquestes d'opinió.

Però les matemàtiques no només tenen aquest vessant pràctic, ineludible en una societat moderna i democràtica. Santaló escrivia, el 1975, que també serveix per a ensenyar l'alumne a moure's pel món <<amb unes lleis lògiques, no contradictòries i que encaixin entre elles de forma orgànica en ésser seguides igualment per tots els individus. És a dir, cal aprofitar la matemàtica per a educar l'alumne, no sols en les seves relacions amb la natura, sinó també en el seu capteniment envers la societat>> .

Per això, <<cal educar la intuïció perquè vegi el conjunt per sobre de l'individu. Neix així la idea de funció que presideix tota la matemàtica>>. I per això pot ser menys important saber calcular amb exactitud la superfície d'un cercle que constatar la forma com varia en relació amb el radi. L'educació matemàtica serveix per aprendre a trobar solucions no evidents i <<per manca d'educació matemàtica, encara la societat lluita i envesteix sense fre per conquerir solucions trivials, que la majoria de vegades no resolen res, o molt poca cosa. Molts han mort lluitant per implantar solucions trivials, preses com a bandera ideològica. Molts, en canvi, viuen encara gràcies als antibiòtics i als marcapassos, que han estat les solucions no trivials a grans problemes>>. Arribem, doncs, a la matemàtica com a forma de raonament que permet tenir una visió més àmplia del món i a considerar tots els factors, atenent unes normes. Una ciència que educa per a la tècnica i per a la recerca científica, però que també educa per a la vida i per assolir una societat millor.

El llegat científic: de la matemàtica a la medicina i la física

Quan a Lluís Santaló se li pregunta de quins treballs de recerca està més satisfet respon que dels primers, els que va preparar a Hamburg sobre geometria integral, perquè era un tema nou. I amb la seva senzillesa habitual diu que després <<he viscut de rendes, amb ampliacions, generalitzacions o aplicacions pràctiques dels mateixos treballs>>.

Sens dubte, no es pot pas dir que desenvolupar tot un camp nou en matemàtiques i ser-ne el màxim exponent mundial sigui viure de rendes. Però certament els seus treballs amb Blaschke van ser decisius en la seva carrera i ell va tenir la capacitat i l'afany de desenvolupar tot aquest tema innovador. Ho ha dit Mark Kac: <<Durant anys Santaló ha estat el líder indiscutible en el camp de la Geometria Integral>>.

Junt als seus treballs de recerca, l'obra de Santaló en aquest camp s'ha recollit en llibres com el ja citat *Introduction to Integral Geometry*, publicat el 1953, i *Integral Geometry and Geometric Probability*, primer volum de l'*Encyclopedia of Mathematics and its Applications* i publicat el 1976. Aquest es va traduir al rus el 1983 i al xinès el 1991. El 1955 havia escrit *Geometría Analítica* en col·laboració amb Julio Rey Pastor i amb Manuel Balanzat.

Els seus treballs són molt citats. Els cita el seu mestre, Blaschke, en el llibre que va publicar el 1955, titulat *Vorlesungen über Integral Geometrie*. Ho fa el mateix Blaschke en altres obres i també citen Santaló altres matemàtics com Hadwiger, Fejes Toth i Stoka.

Els resultats obtinguts per Santaló es van aplicar en la teoria dels cossos convexos i cal destacar-ne el treball sobre transversals de conjunts de figures convexes que s'aplica a problemes d'optimització. Aquests treballs són citats, entre d'altres, per Eggleston a *Convexity* (1958), per Valentine a *Convex Sets* (1964) i per Hadwiger, Debruner i Klee a *Combinatorial Geometry in the Plane* (1964).

Els estudis de Santaló varen permetre generalitzar el problema de l'agulla de Buffon, exposat al capítol 3. Santaló en va fer després l'estudi de probabilitats sobre l'esfera, un tema que va ser continuat per R. E. Miles. Són aquests treballs els que els anys 60 i 70 varen fer que la geometria integral interessés novament els probabilistes. Però, tal com explica Santaló a *La matemàtica, una filosofia i una tècnica*, ja no es va tornar a les probabilitats geomètriques <<en el sentit clàssic, sinó en el marc dels desenvolupaments moderns de la teoria de les probabilitats,

sobretot dins els processos estocàstics>>. En general, estocàstic significa que depèn de l'atzar, però en estadística s'anomena estocàstic un procés que estudia l'evolució d'un sistema qualsevol en el qual la llei de probabilitat és funció del temps.

D'aquesta forma, va néixer la geometria estocàstica, que va ser exposada de forma general per Stoyan, Kendall i Mecke el 1987. Segons Santaló, <<el fet més remarcable és que els problemes originats pels processos d'elements geomètrics combinats amb qüestions probabilístiques tenen un significat geomètric clar>>. Com exemple, Santaló ens parla dels mosaics aleatoris, que són una generalització dels mosaics clàssics estudiats ja al segle passat. Hi ha disset grups diferents de simetries del pla que generen decoracions no equivalents. Aquests disset grups conformen els anomenats grups cristal·logràfics, que va descobrir Fedorov el 1891 i redescobrir Polya el 1924. En una referència a l'art – com tantes altres que fa Santaló –, ens fa saber que, tal com han provat els matemàtics Montesinos Amilibia i Rafael Pérez Gómez, entre els mosaics de l'Alhambra de Granada s'han trobat representacions dels disset grups de simetria possibles. Cinc segles abans que es descobrissin, els àrabs ja varen utilitzar tots els casos possibles per ornamentar aquest palau.

Sovint es pensa que només una part de les matemàtiques té aplicacions, però que conforme les teories es van ampliant i complicant només són útils perquè els mateixos matemàtics elaborin els seus treballs. La matemàtica, un cop traspasat cert nivell, pot convertir-se en massa complexa perquè els no-entesos no només n'arribin a escatir el significat sinó fins i tot perquè vegin que certes fórmules i mètodes tenen molt a dir en el món real i no només en el de les idees.

Així, Santaló esmenta un problema clàssic de la teoria de probabilitats geomètriques: quina és la probabilitat que un triangle definit per tres punts a l'atzar dins d'un domini determinat sigui acutangle – és a dir, tingui tots tres angles aguts. Un problema similar és trobar la probabilitat que el triangle tingui un angle comprès entre 175° i 180° , essent, per tant, marcadament obtusangle. També hi ha problemes que plantegen si el fet que d'un conjunt de punts n'hi hagi més de dos que estan alineats es deu a algun motiu o es produeix per atzar.

Aquests problemes han donat lloc a l'anomenada teoria de la forma, que ha tingut aplicacions en camps com la geologia. Així, s'ha utilitzat per esbrinar si en la distribució de jaciments de certs minerals algunes alineacions es poden considerar degudes a l'atzar o no. El mateix s'ha fet servir per estudiar distribucions de plantes o matolls o per esbrinar si les distribucions de menhirs en una determinada regió tendeixen a alineacions o a formacions circulars. Per tant, problemes teòrics que en principi semblen destinats a explotar les

possibilitats de certes branques de les matemàtiques troben una utilitat directa en camps tan diversos com geologia, biologia o arqueologia.

L'ESTEREOLOGIA I LES SEVES APLICACIONS

Hi ha dos treballs més de Santaló que varen obrir noves vies en geometria i que han proporcionat aplicacions molt recents en molts camps, entre els quals hi ha la medicina. Són <<Sobre la distribución probable de corpúsculos en un cuerpo deducida de la distribución de sus secciones>>, publicat el 1943 a la *Revista de la Unión Matemática Argentina*, i <<Sobre la distribución de los tamaños de los corpúsculos contenidos en un cuerpo a partir de la distribución de sus secciones>>, que va aparèixer el 1956 a la publicació madrilenya *Trabajos de Estadística*. Aquests treballs estan a la base de la moderna estereologia.

L'estereologia és, tal com explica Santaló, <<una branca interdisciplinària, i força interessant, les tècniques de la qual fan servei a una gran varietat de disciplines, molt allunyades entre si en aparença, com ara la biologia, la mineralogia i la metal•lúrgia>>. Curiosament, aquesta branca de les matemàtiques va néixer gràcies a unes observacions fetes durant el Congrés Internacional d' Anatomia que es va celebrar a Nova York el 1960. Alguns participants, explica Santaló, varen observar que es plantejaven molts problemes que consistien a deduir una estructura tridimensional a partir d'unes imatges bidimensionals. Per exemple, calia conèixer la forma exacta d'un tumor del qual només s'hagués observat una secció gràcies a alguna tècnica d'exploració. I es va veure que en metal•lúrgia i en mineralogia també es presentaven problemes d'aquesta mena.

Per això, es va fer una reunió interdisciplinària a la Selva Negra alemanya el maig de 1961. Allà es va batejar la disciplina i va néixer la Societat Internacional d'Estereologia. El primer president, Hans Elias, va fer-ne la definició següent: <<Estereologia és un conjunt de mètodes per a l'exploració de l'espai tridimensional a partir del coneixement de seccions bidimensionals o projeccions sobre plans. És a dir, es tracta d'una extrapolació del pla a l'espai>>. El 1963 es va celebrar el primer Congrés Internacional d'Estereologia, que des d'aleshores es fa cada quatre anys.

L'estereologia serveix per obtenir moltes dades a partir de seccions d'un cos que conté materials o cossos diferents. A partir dels talls s'obtenen dades que ens proporcionen moltes característiques completes. Santaló n'exposa uns quants

exemples: estimació de volums, d'àrees, de longituds, del nombre de partícules convexes, de la curvatura mitjana i de formes d'aquests cossos.

Però una de les aplicacions més espectaculars i que ha tingut més impacte directe en moltes persones és l'aplicació a la tomografia computada. Aquest és un mètode no invasiu que permet obtenir imatges molt completes del cos humà. És el que també solem anomenar escàner i que consta d'un aparell de raigs X que es va desplaçant i que permet obtenir <<llesques>> molt fines d'allò que analitzem i a la profunditat desitjada. Així, es poden obtenir nombroses seccions d'una part del cos i estudiar diverses característiques per saber, per exemple, si hi ha algun tumor. El verb anglès <<to scan>> es pot traduir per <<estudiar detalladament>>. Els escàners, per tant, fan un rastreig, analitzant una part del cos de forma minuciosa.

Un problema que es presenta és recompondre a partir de les diverses seccions la forma tridimensional real. I les possibilitats de fer-ho varen néixer d'un problema que aparentment només era una curiositat matemàtica. El va proposar l'alemany J. Radon el 1917 . Santaló l'enuncia en la forma més simplificada: <<sigui, en el pla, un conjunt convex K que conté en el seu interior un altre conjunt convex K_1 . Considerem totes les rectes del pla que tallen K . Algunes no tallaran K_1 i d'altres el tallaran segons una certa corda de longitud variable a . Suposem que coneixem a per a totes les rectes que tallen K , podrem a partir d'això conèixer la forma i la posició de K_1 ?>> Radon va demostrar que és possible i que això permet reconstruir sempre allò que hi ha l'interior de K , perquè és pot aplicar el sistema quan K_1 és un conjunt de punts qualsevol contingut a K .

El 1963 entra en escena un físic: Allan Mcleod Cormack. Havia nascut a Johannesburg (Sud-àfrica) el 1924 i va morir el 7 de maig de 1998 a la seva casa de Winchester (Massachusetts, Estats Units). Es va graduar en Física i enginyeria a Ciutat del Cap i va ampliar estudis a Cambridge (Anglaterra). El 1956 va passar un any sabàtic a la Universitat de Harvard, però ja es va quedar als Estats Units, contractat per la Tufts University a Medford (Massachusetts). Tanmateix, va seguir investigant amb el ciclotró – accelerador de partícules – de Harvard. Cormack va aplicar les fórmules de Radon – anomenades transformades de Radon – però amb una variació: va suposar que les rectes que tallaven K eren raigs X i va mostrar que si es coneixia la seva intensitat a l'entrada i a la sortida es podia deduir quines impureses o obstacles s'havien interposat en el seu camí.

Més tard, el sistema va ser perfeccionat i patentat per Godfrey Newbold Hounsfield. Nascut el 1919 a Newark (Anglaterra), als 12 anys ja mostrava un apassionament per l'electrònica i molta destresa. Va estudiar a l'escola d'enginyeria elèctrica Faraday House de Londres i es va convertir en una

eminència en radar i en informàtica. Hounsfield treballava a l'EMI British Company, que el 1968 va adoptar com a projecte de recerca el tema de la tomografia. Hounsfield va aconseguir construir un aparell que integrava fins a un total de 300.000 línies de raigs X que travessaven el cos. Naturalment, calia un ordinador que fes aquesta integració. Per això parlem de TAC o Tomografia Axial Computada. El primer aparell es va instal·lar el 1971 en un hospital de Wimbledon i es va utilitzar per a l'estudi del cervell, on es podien distingir tant petits tumors com diferenciar la substància grisa.

L'any 1979 Cormack i Hounsfield reberen el premi Nobel de medicina en un cas molt singular: no és gens usual que aquest guardó sigui per a un físic i un enginyer electrònic, dues carreres allunyades de la medicina. I com diu Santaló, si Radon hagués viscut, <<de ben segur que hauria compartit el guardó>>. El 1979 ja hi havia més de 2.500 aparells de TAC repartits a 50 països i amb els quals s'havien fet diagnòstics a més de 2 milions de persones. En assabentar-se del guardó, Hounsfield va dir: <<El millor premi és l'allau de cartes de gent que ha estat curada gràcies al sistema que va permetre detectar els seus tumors malignes a temps.>>

La precisió del TAC ha anat augmentat de manera que avui en només uns segons es poden obtenir imatges que permeten visualitzar mínimes alteracions de qualsevol òrgan o teixit i, per tant, descobrir tumors en un estadi molt inicial. La seva exactitud arriba avui a estudiar fragments de teixits o òrgans de només 1,5x1,5x13 mil·límetres. A més, es tracta d'una tècnica no invasiva, perquè no cal fer cap tall ni obtenir cap mostra.

Els raigs X del TAC travessen el cos en diversos sentits i amb angles d'incidència diferent – l'aparell fa un gir de 180° al voltant de la persona –, per la qual cosa obtenim una visió total i no només d'una sola banda. Al principi, l'escàner, pel seu cost, només es va utilitzar per estudiar estructures nervioses intracraneals. Les imatges ofereixen diferents tonalitats de gris que diferencien el greix, el líquid cefaloraquídi, la substància blanca, la substància grisa, la sang i l'os. Les imatges també permeten detectar, a més de petits tumors, zones on s'ha destruït la mielina que protegeix els nervis, hemorràgies, inflamacions, plaques de calci, zones danyades, etc. En cas que es consideri necessari, es poden injectar substàncies que ofereixen un contrast als raigs X – tal com es fa en ocasions en l'exploració amb l'aparell tradicional de raigs X, en el cas, per exemple, de l'aparell digestiu. Això permet estudiar unes estructures molt concretes.

Per al sistema nerviós s'utilitzen dos tipus de TAC: la cranial i l'espinal. La primera es fa servir molt després de traumatismes, ja que permet observar si s'han produït hematomes o contusions o lesions cerebrals o si s'han introduït

cossos estranys. Serveix també per esbrinar el tipus d'accident vascular cerebral que ha patit una persona. I si hi ha hemorràgia es pot conèixer el punt concret per on sagna l'artèria. La TAC espinal es fa servir per diagnosticar trastorns medul·lars – traumatismes i tumors –, siringomièlia – formació de cavitats a l'interior de la medul·la espinal – o compressió per hèrnia discal.

En els darrers anys la TAC s'ha aplicat a altres parts del cos. Així, l'ara serveix per localitzar tumors ossis, però també alguns trastorns de la columna vertebral, com l'hèrnia discal. També es pot fer servir per, avaluar la massa corporal. En obtenir una imatge tridimensional de l'os, es pot calcular el seu contingut mineral i detectar si la persona pateix osteoporosi, un trastorn que torna els ossos més fràgils i que és usual en la gent gran – sobretot en dones.

La TAC ha facilitat més avenços en ser combinada amb altres tècniques. Així, s'ha associat a la gammagrafia. Aquesta tècnica es basa en la introducció al cos de substàncies radioactives, per estudiar la distribució de la radioactivitat que han generat. Algunes d'aquestes substàncies s'acumulen en teixits lesionats. A través d'aparells de mesura de la radioactivitat emesa a cada zona i d'un ordinador que fa els càlculs i transforma les dades en una imatge, es poden detectar les zones on hi ha lesions.

La combinació de la TAC i la gammagrafia ha portat a la Tomografia per Emissió de Positrons (TEP). En aquest cas, s'administra una substància que emet positrons, que són l'antiparticula de l'electró. Els positrons són, doncs, partícules subatòmiques que tenen les mateixes característiques que l'electró tret d'algunes que són oposades – com ara la càrrega elèctrica, en aquest cas positiva.

La substància radioactiva que emetrà els positrons s'administra per via intravenosa i arriba al cervell. Allà es fixa als teixits de forma diferent. Els positrons xoquen amb electrons, de forma que es desprenen raigs gamma. Aquestes radiacions són mesurades i processades com en la TAC i al final obtenim també seccions transversals de l'encèfal, integrades en imatges tridimensionals. La TEP s'utilitza per distingir zones lesionades i per diagnosticar certes malalties com epilèpsia i corea de Huntington i en accidents vasculars cerebrals.

Però una característica molt interessant de la TEP és que les substàncies radioactives que s'injecten són formes d'oxigen o bé derivats de la glucosa. Com que el cervell utilitza aquestes substàncies bé com a combustible bé per oxigenar les cèl·lules, l'activitat cerebral fa que la radiació sigui més gran a les zones cerebrals on es produeix activitat. La TEP no només ha permès fer molts diagnòstics de funcionaments cerebrals anòmals, sinó que també s'ha utilitzat per

observar quines parts del cervell i de quina forma treballen quan es fan diverses activitats, com ara llegir, recordar, memoritzar. Això ha permès grans avenços en el coneixement del funcionament del cervell i ha permès comparar aquest funcionament en persones sanes i en persones amb certes malalties. O bé esbrinar si entre les persones dretanes o esquerranes o entre les qui han seguit o no un tipus d'educació – per exemple musical – hi ha àrees del cervell que funcionen diferent en desenvolupar certes activitats.

Com que amb l'exposició ens hem allunyat de les matemàtiques, hi podem tornar de forma, si es vol, un tant rebuscada. L'escàner també s'ha utilitzat per estudiar mòmies egípcies sense danyar-les. La TAC ha permès estudiar el cos i el seu embolcall, observar si els individus tenien ferides i fins i tot esbrinar algunes de les malalties que patiren. Les matemàtiques varen néixer, gairebé simultàniament, a Babilònia i a Egipte. I quan els antics egipcis feien els primers càlculs i els aplicaven bàsicament al comerç i a les construccions, a la mesura del terreny o als moviments dels astres, estaven posant les primeres pedres d'una ciència que, molt segles després, va possibilitar tecnologies utilitzades, precisament, per estudiar les interioritats de les mòmies trobades en aquell país i corresponents, aproximadament, a l'època dels primers documents matemàtics.

El fet destacable és, en tot cas, que uns problemes teòrics van significar una de les revolucions més importants en medicina diagnòstica i en recerca biològica bàsica. Sense el desenvolupament matemàtic per deduir formes tridimensionals a partir d'unes seccions, la imatgeria mèdica no s'hauria pogut desenvolupar com ho ha fet. En definitiva, la història de la TAC és el millor exemple per als qui creuen que els matemàtics s'ocupen de problemes poc reals i fan una feina que no té una utilitat pràctica directa. Més aviat cal recordar allò que deia el fundador de l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton, tal com hem explicat al capítol 6: els matemàtics, sense saber-ho, impulsen o afavoreixen avenços en tots els camps.

ALTRES APORTACIONS: DEL CAMP UNIFICAT A LA GEOMETRIA DE NOMBRES

Probablement, els no entesos deuen acceptar amb més facilitat, sense necessitat de gaires exemples, que les matemàtiques tenen una aplicació molt directa en física. Una de les recerques on Santaló va treballar i va fer aportacions significatives és la teoria del camp unificat. El 1916, Einstein va donar a conèixer la seva Teoria de la Relativitat General, que en realitat és una nova teoria de la gravitació. El físic alemany de naixement – i suís de nacionalitat – va elaborar una

teoria que substituïa la d'Isaac Newton, que segueix sent una bona aproximació quan la velocitat dels cossos és molt menor que la velocitat de la llum.

La geometria juga un paper essencial en la teoria d'Einstein. Podem imaginar que la força de la gravetat que actua sobre un cos està provocada perquè un altre cos modifica l'espai-temps. Imaginem aquest espai-temps com un llençol ben tibant. Posem al mig del llençol una massa. Si és prou gran, enfonsarà una mica el llençol. Això farà que qualsevol altra massa menor que es trobi en un altre punt del llençol sigui atreta per la primera. Això ens dóna una idea intuïtiva de per què una massa crea un camp gravitatori: distorsiona l'espai-temps de manera que obliga a <<caure>> cap a ella a altres masses menors. I quan més gran és la massa, més distorsionat estarà l'espai-temps i més atracció provocarà en els altres cossos. Per això, la teoria de la gravetat d'Einstein és una geometrització d'aquest fenomen.

Però Einstein va observar que amb aquesta teoria de la gravetat l'altra força que es coneixia en aquell moment – l'electromagnètica – quedava fora del seu sistema. Electricitat i magnetisme s'havien considerat fenòmens separats fins que diversos experiments realitzats al llarg del segle XIX varen permetre deduir que eren manifestacions diferents del mateix fenomen. Les equacions de l'escocès James Clerk Maxwell, publicades el 1873, varen establir les lleis que imperen en el camp electromagnètic. I encara que aquestes equacions semblin també un entreteniment per a científics, en van derivar en cadena nombroses conseqüències: l'alemany Heinrich Hertz va descobrir les ones que porten el seu nom – ones hertzianes – en intentar demostrar la validesa de les equacions de Maxwell, l'italià Guglielmo Marconi va aplicar les ones hertzianes per inventar la telegrafia sense fils i la ràdio i John Logie Baird – un altre escocès – les va utilitzar per transmetre imatges, inventant així la televisió. En ciència hi hauria poques coses que, a la curta o a la llarga, poguéssim seguir considerant simples entreteniments.

Einstein va passar els últims trenta anys de la seva vida intentat unir els camps gravitatori i electromagnètic, en el que s'anomena teoria del camp unificat. No ho va aconseguir i tampoc no ha aconseguir ningú fins ara. I és que a més de la força gravitatòria i l'electromagnètica posteriorment es varen descobrir dues forces més. Una, és la força nuclear feble, que té a veure amb certes formes de radiació. I l'altra és la força nuclear forta, que manté units en el nucli de l'àtom les partícules que l'integren – protons i neutrons. El 1979, precisament l'any que Cormack i Hounsfield reberen el premi Nobel de medicina, Steven Weinberg, Sheldon L. Glashow i Abdus Salam van ser guardonats amb el premi Nobel de

física per la seva teoria electrofeble, que integrava la força electromagnètica i la nuclear feble.

Però afegir-hi la força nuclear forta i després la gravetat és un dels reptes de la física actual. Per fer-ho, els físics col·laboren estretament amb els astrofísics i intenten estudiar les condicions que regien a l'univers fragments de segon – quadrilionèsimes de trilionèsima de segon – després del big bang inicial, quan se suposa que aquestes forces encara no s'havien separat. Això portaria a la teoria de la gran unificació, que significaria la unió, en una sola, de les dues grans teories físiques del segle: la relativitat i la mecànica quàntica.

Però aquests reptes de la física moderna complicarien molt l'exposició i queden fora dels objectius d'aquest llibre. Cal dir, però, que Santaló va fer diversos treballs sobre el camp unificat, ja que aquesta teoria fa molt ús de la geometria diferencial, un dels altres camps on Santaló ha treballat. Concretament, Santaló té cinc articles que esmenten explícitament el camp unificat. Els va publicar els anys 1959, 1960, 1966 i 1972 – dos en aquest darrer any. A la llista d'articles de Santaló, que es troba a l'apèndix, aquests articles tenen els números 101, 103, 112, 127 i 128. Santaló va estudiar equacions molt generals que donen com a casos particulars les d'Einstein i Schrodinger.

Si en el camp unificat s'ha aplicat la geometria diferencial, cal dir que en aquest darrer terreny Santaló també ha realitzat diverses aportacions. No es tractava d'un camp nou, com la geometria integral, sinó una branca que ja s'havia desenvolupat des del segle XIX. Podríem dir, de forma una mica prosaica, que la geometria diferencial estudia corbes i superfícies dividint-les en porcions infinitament petites. Santaló va introduir en l'anomenada geometria afí mètodes que només s'havien utilitzat fins aleshores en geometria mètrica.

Concretament, aquesta aplicació el va portar a estudiar les corbes de Darboux, demostrant que coincideixen amb les corbes extremals de torsió total. En un article de l'any 1957, <<Unas propiedades de la representación local de una superficie sobre otra>>, publicat a la *Revista de la Unión Matemática Argentina*, aplicava per primer cop els mètodes de la referència mòbil del francès Élie Cartan – precisament el col·lega que el va treure de la comissaria a Paris – a l'estudi de la geometria diferencial. Pel que fa a la geometria de cossos convexos, Santaló va demostrar teoremes aplicats després en disciplines d'interès pràctic, com les teories d'optimització.

Finalment, Santaló va realitzar aportacions a la teoria de nombres, que estudia les propietats profundes dels nombres. Però com a geòmetra ho va fer gràcies al fet que Hermann Minkowski va introduir l'anomenada teoria geomètrica de

nombres, que relaciona les propietats dels nombres amb qüestions geomètriques. Minkowski era un matemàtic lituà, nascut a Aleksotas el 1864 i mort a Gottingen el 1909. En teoria de nombres, una de les seves aportacions va ser considerar la xarxa formada pels punts del pla les coordenades cartesianes dels quals són nombres enters. Però un altre treball encara més conegut va ser interpretar geomètricament la teoria de la relativitat restringida d'Einstein. Per això, va formalitzar l'espai quadrimensional – tres dimensions espacials i una temporal – que porta el seu nom. Minkowski fou, doncs, l'introduïdor formal del que anomenem espai-temps. En el pla curiós, resulta que havia estat professor, a Zuric, d'Albert Einstein i uns anys més tard va establir el formalisme de l'espai quadrimensional adaptat a una de les teories més conegudes del seu exalumne.

Santaló va fer una demostració original del teorema de Minkowski–Hlawka, la demostració d'una desigualtat conjecturada per Mahler i la generalització de resultats de Tsuji. En aquest darrer cas, Santaló va arribar a un teorema de geometria hiperbòlica, paral·lel al que Minkowski va enunciar en l'elaboració de la teoria geomètrica de nombres.

En definitiva, Santaló no només va ser el màxim exponent en un camp, sinó que va realitzar reconegudes aportacions en d'altres. Però sempre des de la geometria. Com deia el rector de la Universitat CAECE de Buenos Aires, Jorge E. Bosch, quan van nomenar Santaló doctor Honoris Causa (el maig de 1992), el matemàtic catalanoargentí té «una decidida mentalitat geomètrica: fins i tot quan el tema investigat no sigui originàriament geomètric, el tractament que ell li dóna l'aproxima a aquella forma de pensament. A més, la geometria de Santaló té – valgui l'aparent redundància – *sabor geomètric*». Deia això darrer «perquè els seus treballs estan sempre vinculats amb representacions que tradicionalment són considerades geomètriques: corbes, superfícies, figures, mesures, cossos convexos. Per contraposició, hi ha altres geòmetres, l'obra dels quals té més *sabor algebraic*, en el sentit que els seus treballs consisteixen en l'estudi d'estructures abstractes que molt llunyanament s'emparenten amb les figures de la vella geometria».

I Bosch afegí que aquest sabor geomètric és coherent amb les concepcions pedagògiques de Santaló: sempre té la tendència a «reforçar la intuïció de les coses, a conferir importància a allò que l'alumne pot veure i fer per si mateix, a mantenir una assenyada vinculació entre el coneixement que imparteix i la realitat, a reduir el formalisme a l'estrictament necessari per comprendre el mètode deductiu de la matemàtica». I això dóna a la vida intel·lectual de Santaló una significativa unitat: «és el desplegament d'un pensament coherent i sense fissures.

Una vida intel·lectual que l'ha portat a geometritzar de manera que moltes teories matemàtiques han pogut arribar de forma més senzilla als seus alumnes. I simbolitzades en aquells gestos en l'aire, en aquells dibuixos que amb les mans feia Santaló a l'aula i que transformaven conceptes potser estranys i equacions complexes en elements visibles, en coses existents, donant a tot l'aparell de càlcul i deducció una forma que l'encabia en el món real i no només en el de l'abstracció.

"Esforça't en el teu quefer..."

El 14 de juliol de 1977, Lluís Santaló va rebre el primer homenatge públic a Catalunya i a tot l'Estat espanyol. Matemàtic reconegut ja arreu, va haver d'esperar fins aleshores per rebre el primer doctorat *Honoris Causa* d'una universitat catalana: la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) – que aleshores encara es deia Universitat Politècnica de Barcelona. L'acte va ser apadrinat i organitzat per Enric Trillas i en el seu parlament Santaló, a més de les exposicions acadèmiques que després comentarem, va tenir, en primer lloc, uns comentaris sobre Pere Pi i Calleja, que va assistir a l'acte i que s'acabava de jubilar com a catedràtic de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, institució a través de la qual Trillas havia promogut la investidura.

Aquest acte va ser l'inici d'unes bones relacions matemàtiques i personals amb Enric Trillas, Claudi Alsina, Eduard Bonet i d'altres matemàtics del departament de Pi Calleja, que han donat lloc a interessants contactes científics i humans. Santaló exercí de membre del Comitè Editorial de la revista matemàtica *Stochastica* de la UPC, participà com a president del Comitè Científic i com a conferenciant en el Congrés Mundial de Matemàtiques al Servei de l'Home, celebrat a Barcelona el 1977, i compartí en no poques ocasions actes i conferències amb Trillas i Alsina.

Enric Trillas va exposar la trajectòria científica i humana de Santaló i en va destacar els seus treballs en geometria integral i en altres camps. Trillas va acabar el seu parlament en elogi del nou Doctor Honoris Causa amb aquestes paraules:

<<Per acabar vull dir que la integració de Santaló a la cultura argentina i sud-americana és molt gran, sense que això mai no 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 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 ambaixadors per la gran alçada científica que ha assolit i pel 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 alè, un somriure.>>

Seguidament, i després del record a Pi i Calleja, Santaló va expressar l'emoció que sentia en ser <<la primera vegada que en un acte acadèmic puc expressar–

me en la llengua en 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 al peu del bressol>>.

Efectivament, Santaló va fer tota la carrera com a matemàtic fora de Catalunya. En els anys anteriors a la guerra encara hauria pogut utilitzar la seva llengua per publicar treballs o, donar classes o fer conferències, però durant la dictadura franquista el català, com sabem, havia estat prohibit o, en el millor dels casos, en els darrers anys, tolerat per a certs usos. El 1977 ja es podia utilitzar com a idioma científic públic.

Les filles de Santaló recorden que el seu pare els cantava cançons de bressol en català. I fins i tot ara són capaces de repetir-ne algun fragment, tot i que no n'entenen el significat. Les seves filles recorden amb emoció la conferència que va poder fer el seu pare en català el 1977 .I van més lluny: li retreuen que no els hagués ensenyat català. La petita, Claudia, diu que li hauria encantat aprendre català: <<Ja sé, és un idioma *chiquito*, no és que et serveixi per a la vida, però és una pena. Ens podia haver parlat en català i aprendre 'l.>>

Al marge que no els hagués ensenyat la seva llengua, és cert que Santaló va dedicar molt de temps a les seves filles. Les cançons de bressol, com ha quedat dit, els contes, els ajuts en l'estudi, certes discussions polítiques, l'orientació personal... Li agraeixen l'educació que, junt amb la seva mare, les va donar, però també aquí tenen alguns retrets: que els no hagi explicat més coses de la seva vida, de la guerra, de l'exili. Entenen, però, que són èpoques gens agradables i que el seu pare preferia no parlar-ne amb elles.

També varen separar sempre el pare i el matemàtic il·lustre. Un amic les va preguntar en una ocasió com era tenir un pare així, un destacat investigador. I elles varen adonar-se que mai no hi havien pensat, que consideraven el seu pare en l'aspecte més personal, però que mai no el veien com el científic d'èlit que era.

En ocasions, les filles s'enduien alguna sorpresa. Un dels primers cops que el futur marit de la segona, Alicia, va anar a dinar a casa dels Santaló, li va preguntar de quin *cuadro* – equip– era. Ella va pensar que el seu pare sempre havia estat allunyat d'aquestes coses. I tanmateix, a la pregunta del futur gendre, Freddy, Lluís Santaló li va respondre que era <<del Rojo [Independiente] de Avellaneda de tota la vida>>. I així s'assabentaren d'un detall que en vora vint anys encara no havien conegut. Potser perquè voltat de dones a les quals no agradava el futbol no tenia amb qui comentar les incidències i els resultats.

Les filles de Santaló han anat ampliant el cosmopolitisme de la família. No és estrany que ell, un argenti nascut a Catalunya, casat amb una argentina filla de pare italià i mare alemanya, hagi tingut una descendència que seguis amb la barreja. La gran, Tessi, es va casar amb un argenti de mare francesa. Tots dos són oceanògrafs i viuen a Toló, vora Marsella. Tenen tres fills: Nathalie – ja casada –, Alexandre i Emmanuel. La segona, Alicia, té també tres fills, però en aquest cas dues noies i un noi: Paloma, Esteban i Lucia. És arquitecte i amb el seu marit varen viure a Bèlgica i a Mèxic. Claudia, la filla petita de Santaló, també és arquitecte.

ELS PREMIS I ELS SENTIMENTS

Pot sorprendre que Santaló no tingués prou reconeixement a la seva terra fins ben entrats els anys 70. És possible que en ser exiliat hi hagués certs entrebancs polítics. És cert que se'l convidava i a partir dels anys 60 va venir amb certa assiduitat. Però també ho és que un personatge de la seva categoria científica hauria d'haver estat molt més aprofitat. Podia fins i tot, la Universitat catalana, haver recuperat Santaló? En certs moments possiblement sí, però ni tan sols ho intentà. I més endavant ja era dubtós que Santaló, amb tantes arrels a l'Argentina, hagués acceptat de tornar.

En tot cas, sabem que al nostre país els científics no solen tenir el reconeixement que mereixen – ni els que van marxar ni els que es van quedar. Ell tampoc no ha volgut fer servir l'exili com un mèrit: «Crec que els que es varen quedar – diu – patiren més que nosaltres.» Quan el van fer doctor *Honoris Causa* per la UPC, Santaló ja ho era per la universitat argentina del Nordeste (1977). Després ho va ser per d'altres també del seu país d'adopció: Misiones (1982), Tucumán (1983), San Juan (1991), CAECE (1992) i Buenos Aires (1992). El 1986 la Universitat Autònoma de Barcelona també el va fer doctor *Honoris Causa*. I el mateix va fer la Universitat de Sevilla el 1990.

Aquest doctorat a Sevilla, apadrinat per José Luís Vicente a través de la Facultat de Matemàtiques, fou de fet promogut per Gonzalo Sánchez Vázquez, un matemàtic clau en el moviment de renovació de l'ensenyament a l'Estat espanyol, president de l'associació de professors "Thales" d'Andalusia i de la Federació de Societats de Professors de Matemàtiques d'Espanya.

Gonzalo Sánchez, que també visqué anys d'exili, en el seu cas a Veneçuela, i de qui Santaló esdevindria molt amic, dedicà grans esforços entre 1980 i 1996, any del seu traspàs, a impulsar i liderar la creació de societats i de la seva federació, a establir relacions iberoamericanes i a projectar la didàctica de la matemàtica

arreu. Aquest procés culminà amb la celebració a Sevilla, el 1996, del 8è Congrés Internacional d'Educació Matemàtica, amb prop de 4.000 participants i sota la presidència del mateix Gonzalo Sánchez. L'organització local la va portar Antonio Pérez, el comitè internacional de programa depenia de Claudi Alsina i el president de l'ICMI era aleshores Miguel de Guzmán, és a dir, un grup de matemàtics molt relacionat amb Santaló.

Cal dir que en tot moment el moviment liderat per Gonzalo Sánchez comptà amb l'ajut de Santaló, el qual acceptà participar tant en les Jornades Iberoamericanes d'Educació Matemàtica de Huelva com en el primer CIBEM – Congrés Iberoamericà d'Educació Matemàtica– celebrat el 1990. Va ser durant aquest congrés que Santaló va rebre el doctorat *Honoris Causa* a Sevilla.

Santaló també ha estat nomenat membre honorari de la Royal Statistical Society del Regne Unit – el 1984 –, membre honorari perpetu de la Societat Internacional d'Estereologia – el 1994 –, membre de l'Acadèmia de Ciències de Nova York – el 1997 – i membre corresponent de l'Institut d'Estudis Catalans. El 1980, en el Congrés Internacional d'Educació Matemàtica que se celebrà a Berkeley (Califòrnia) els representants dels països llatinoamericans li van retre un homenatge i regalar una placa <<en reconeixement dels seus esforços per al millorament de l'educació matemàtica a l'Amèrica Llatina>>. Un reconeixement que el 1990 va repetir el Centro Latinoamericano de Matemática e Informática de la UNESCO – amb seu a Lima –, <<per haver dedicat tota la seva vida a formar escola i contribuir al desenvolupament i la difusió de la matemàtica a l'Amèrica Llatina>>.

En el camp extracadèmic, va ser elegit <<Mayor Notable Argentino>> per la Cambra de Diputats, el 1997. El 1984 la Generalitat de Catalunya li va concedir la Medalla Narcís Monturiol a la Ciència i la Tecnologia, mentre el 1994 va rebre, també de mans del president Jordi Pujol, la Creu de Sant Jordi, que es lliura a personalitats destacades en qualsevol camp. El 1983 va rebre el premi Príncep d'Astúries d'Investigació Científica i Tècnica, un premi, que, com recorda, també havia rebut, en el camp polític, l'expresident argentí Raúl Alfonsín. I el març del 1996 l'ambaixador d'Espanya a l'Argentina li va lliurar la Encomienda de Alfonso X el Sabio, una distinció que havia promogut Enric Trillas.

Trillas, en el seu parlament, va felicitar Santaló en nom del Ministeri d'Educació i Ciència i del secretari d'Estat d'Universitats i Investigació. I va manifestar el desig de transmetre la felicitació també <<en nom de la comunitat d'ensenyants i investigadors espanyols, entre els qui m'incloc. A més de felicitar-lo per la condecoració, crec que és obligat expressar al professor Santaló el nostre

agraïment per la seva obra, que té, en el camp de les matemàtiques, valor universal> .I va afegir:

<<No és en absolut una casualitat que la condecoració li hagi estat atorgada per Sa Majestat el Rei a través del Ministeri d'Educació i Ciència, ja que a la Ciència i a l'Educació ha consagrat Lluís Santaló la seva vida. Una vida que, en la meua opinió, s'ha ajustat sempre al vers del poeta català Joan Maragall:

Esforça't en el teu quefer
com si cada detall que pensis,
de cada paraula que diguis,
de cada peça que posis,
de cada cop de martell que donis,
depengués la salvació de la
humanitat,
perquè en depèn, creu-ho.

>>Lluís Santaló no és només un professor universitari i un gran investigador, és un mestre. I és un mestre a qui molts, tot i sense aconseguir-ho, voldríem assemblar-nos. Per a molts, Lluís Santaló és el model a copiar. Personalment, m'impresiona la concisa explicació que en el seu llibret *L'educació matemàtica, avui* dona de per a què s'ensenya: s'ensenya, hi diu ell, per al bé, per a la veritat i per a conèixer i entendre l'univers. És una frase que reflecteix, a més, la vida de Santaló: una vida dedicada a fer el bé, a buscar la veritat i ajudar-nos a comprendre i entendre. Molts prop d'ell, i tant em refereixo a la seva persona com a la seva obra oral o escrita, hem pogut conèixer i entendre més i millor, acostar-nos a la veritat, en suma. Molts, amb el seu exemple, hem pogut sentir quina cosa més subtil és el bé i com podem fer-lo amb constància, austeritat i fortalesa d'esperit. Santaló ha exercit amb molts, que ho han notat, allò que diu la famosa frase de Goethe. "Dóna més força saber-se estimat que no pas saber-se fort". >>

I més endavant, destacant la capacitat de treball de Santaló, Trillas recordava una frase de Nietzsche: <<que poc recordem quant d'esforç han costat les coses bones>>. I va acabar amb aquestes frases:

<<I, saben?, si hagués de concretar què és allò que transcendeix més enllà de les matemàtiques que Santaló ha produït i ens ha ensenyat, diria,

en primer lloc, una cosa que ell mateix ha repetit diverses vegades: la recerca racional però imaginativa de solucions als problemes, però solucions belles, no trivials i obtingudes de forma a la vegada senzilla i prou rica perquè resolguin ajustadament el problema i l'emmarquin en una categoria genèrica de noves qüestions. En segon lloc, però no desconnectat de l'anterior, la seva gran fe en l'interès formatiu i en la utilitat de les matemàtiques, tant en si mateixes com a objecte d'estudi, com en les seves aplicacions a altres camps de la ciència i de la tècnica. En tercer lloc, i coherentment, la continuada dedicació de Santaló a millorar l'ensenyament de la matemàtica en la línia d'educar els estudiants en ella i amb ella.

>>En fi, i per acabar, si fos un seguidor de la teoria de Vico que "la veritat és allò que sabem fer", aleshores diria que Santaló és un dels grans "hacedores de verdades" d'aquest segle.>>

Aquest era un més d'una gran quantitat d'homenatges, per als quals Santaló havia fet mèrits sobrants: 154 articles en revistes especialitzades, 25 llibres – alguns de col•lectius –, 31 participacions en congressos i simposis, vora un centenar de treballs entre articles de divulgació, conferències i textos sobre educació matemàtica... Fruit d'una activitat intensa, que als 80 anys encara el duia dos dies a la setmana a la Universitat, donant classes sobre actualització pedagògica, i a visitar instituts per donar els seus consells. I tot mantenint-se al dia, llegint revistes per a professors de secundària, anant a congressos. ..

Més recentment, el seu estat físic l'ha obligat a limitar tota activitat. Per motius de salut va renunciar a ser membre actiu de les diverses acadèmies. Però aleshores es va trobar que totes li demanaven un discurs de comiat, amb la qual cosa el remei era pitjor que la malaltia. Les morts de Manuel Balanzat, d'Alberto Calderón i de tots els seus amics de joventut també han afectat el seu estat d'ànim. Però les atencions de la seva esposa Hilda i de la seva família li han procurat sempre, i ara més que mai, un enorme estímulo per a viure i superar dificultats. Els seus néts, que sempre l'han anomenat <<tata>>, han estat sempre motiu de joia i les relacions amb la família de Girona sempre s'han mantingut vives.

El setembre de 1997 va ser nomenat acadèmic honorari de l'Acadèmia Nacional de Ciències de Buenos Aires. Va redactar un parell de fulls, on volia expressar el seu agraïment <<dintre de les meves possibilitats d'expressió, que ja van quedant-ne poques>>. Va dir que <<quan la paraula falla, ja sigui per dificultats d'expressió o per oblit, per manca de símbols i de sosteniment, també van

desapareixent les idees i els pensaments>> .Però aleshores sorgeixen més forts els sentiments, com ara <<la gratitud als amics, l'amor a la família, el respecte al proïsme, l'admiració pel saber aliè>>.

En una de les seves últimes activitats acadèmiques va poder donar sortida a aquests sentiments, amb un retorn als orígens. El novembre de 1991, fets els 80 anys, la Càtedra Ferrater Mora de Pensament Contemporani de la Universitat de Girona, dirigida pel filòsof Josep Maria Terricabras, el va convidar a impartir un curs durant un parell de setmanes. També va participar, junt amb Enric Trillas i Claudi Alsina, al Centre Cultural de La Mercè, en un cicle de conferències organitzat per l'ajuntament de Girona per als professors de Matemàtiques de la ciutat. Aleshores no només va poder retrobar antics deixebles, exposar la seva visió de la matemàtica i conèixer persones de diversos camps, amb les quals va mantenir un interessant i enriquidor intercanvi d'idees, sinó que va poder passejar amb calma per la seva Girona natal, sempre acompanyat de la seva esposa Hilda.

Una Girona que, naturalment, havia canviat molt des que ell la va deixar. Que ja no era aquella ciutat que va cantar el poeta Josep Carner: <<Girona, grisa i negra, solemne i afinada,/ conec el teu misteri i el teu immens dolor>>. Era una Girona més alegre i acolorida i més cofoia. A més de retrobar antics amics i de fer-ne de nous, Santaló va veure coses que el van sorprendre. Li va semblar que estava en un altre món. Quan ell estudiava només hi havia, a totes les comarques gironines, dos instituts: un a Girona mateix i l'altre a Figueres. Santaló va veure que més de seixanta anys després molts pobles petits tenien el seu institut i que alguns poblacions mitjanes fins i tot en tenien dos.

Un altre motiu de sorpresa i satisfacció va ser conèixer la jove Universitat de Girona. No era, com havia pensat primer, una extensió universitària, sinó una universitat independent. Li semblava extraordinari i l'emocionava. I va manifestar que la grandària era ideal, que les grans universitats ja tenen, pel seu volum, una inèrcia que fa molt difícil canviar-ne el rumb. Però que les universitats petites podien tenir incidència positiva si no imitaven les grans i es dedicaven a pensar en carreres adaptades a les noves necessitats i en nous estudis. Una universitat nova, va dir, ha d'intentar ser original.

Santaló tenia i té altres motius per sentir-se orgullós quant al desenvolupament de la seva ciència al seu país natal: les matemàtiques a Catalunya han assolit un bon nivell. El 1998 es va publicar un dels informes de la recerca a Catalunya, elaborats per encàrrec de l'Institut d'Estudis Catalans: el corresponent a Matemàtiques. Allà hi consta que, prenent els articles que han estat objecte d'una recensió al *Mathematical Reviews*, Catalunya en va produir, entre 1990 i 1996, 1.429. Això la situa en una bona posició quant a articles respecte a la població – a

prop d'Alemanya, Regne Unit, Itàlia i Noruega i per davant d'Espanya (sense Catalunya) i Japó. Mesurant el nombre d'articles respecte al PIB, Catalunya queda una mica per sota del que li correspondria.

Però els autors també varen calcular el nombre d'articles d'excel·lència respecte al total. Varen considerar articles d'excel·lència els publicats en una sèrie de 35 revistes que van triar per la seva qualitat i impacte. Com totes les tries, és subjectiva i en aquest cas se centra molt en matemàtica pura. Però com diuen els autors i corroboren altres especialistes, amb una altra tria els resultats no diferirien sensiblement. En aquest cas, Catalunya se situa amb una excel·lent proporció de 8,2 articles d'excel·lència respecte al total, només per darrera d'Estats Units, Noruega i Dinamarca. Això indica que si en quantitat d'articles publicats Catalunya està a un nivell acceptable per les seves dimensions, quant a la qualitat el seu nivell encara és més alt del que li correspondria.

Val a dir que, tal com també indica el report, el nombre d'articles publicats arreu del món ha crescut de manera espectacular. El 1943 se'n varen publicar 2.834, mentre el 1953 eren 7.219, que es convertiren en 14.147 el 1963 – sempre prenent els que han tingut recensió al *Mathematical Reviews*. El 1973 se'n varen publicar 29.808, el 1983, 40.195 i el 1993, 54.019.

Santaló mateix va dir, en el discurs fet quan el nomenaren *Honoris Causa* a Sevilla, que els articles matemàtics publicats el 1989 haurien format, junts, 350 volums de 1.000 pàgines cadascun. <<Aquest fet – deia– ocasiona greus problemes d'informació i d'emmagatzemament, ja que resulten insuficients tant els espais com els pressupostos dedicats a les hemeroteques. D'altra banda, aquest maremàgnun de publicacions no és proporcional a la seva utilitat, ja que segurament que moltes d'elles que podrien ser útils en altres capítols de la matemàtica o en altres branques del coneixement passen desapercibudes.>>

LA MATEMÀTICA: ART, FILOSOFIA, TÈCNICA

Santaló s'ha distingit no només per treballar les matemàtiques, sinó per reflexionar-hi i per exposar aquestes reflexions. Una de les seves idees més repetides és el lligam de la matemàtica amb l'art, potser perquè com a geometra ha estat per ell molt evident. En ser investit Doctor *Honoris Causa* a la UPC el 1977, va fer un discurs titulat <<La Matemàtica en la tècnica i en l'Art>>. Allà hi afirmava:

<<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 és art, com és creació i se serveix de la fantasia; és ciència, perquè a través d'ella s'aconsegueix un millor coneixement de les coses, dels seus principis i causes; i és tècnica perquè 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 a entendre les seves lleis; com a tècnica, contribueix a dominar la Naturalesa i les seves forces, per a posar-les 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 àrida 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.>>

Més endavant es preguntava si la matemàtica era creació o descobriment. I per això discutia, com s'ha fet tantes vegades, si molts conceptes matemàtics pertanyen a la realitat o només al món de les idees. I afirmava:

<<Podríem dir que certes idees primitives són preexistents 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 les rajoles 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.>>

Però la matemàtica serveix realment per entendre la natura i per entendre l'art. I molts creadors ho han vist així. Santaló cita l'arquitecte Le Corbusier quan deia: <<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.>>

La matemàtica, però, no sempre es fa evident. Cal descobrir-la, tal com fa el protagonista d'una novel·la de l'escriptor mexicà Arturo Azuela, que és un cas

inusual. Azuela va estudiar música, enginyeria, matemàtiques i història i filosofia de la ciència. Durant més d'una vintena d'anys va ensenyar matemàtiques i història de la ciència i també va fer divulgació científica com a periodista. En la seva novel·la *El matemático*, publicada inicialment el 1989, un personatge descobreix la música, sense entendre encara les seves interseccions amb les matemàtiques:

<<Aquellos conjuntos de sonidos y estructuras tan complejas, le parecían algo fuera de cualquier realidad; sólo un genio – o un conjunto de genios –, lo decía a diario con mayor admiración, había llegado, aprovechando la sabiduría de muchos siglos, a la hondura y la jerarquía que otorga el tiempo, a esta armonía de notas blancas o negras, de rectas minúsculas, de curvas, de diagonales, de números, de siglas; aún no sabía que esa admirable arquitectura era un sistema matemático.>>

Més tard, captivat per l'astronomia i la matemàtica, el protagonista anava dirigint-se cap a l'estudi del cosmos, però sense oblidar la presència de l'art: <<De un momento a otro, en la inconsciencia pura, el aspirante a astrónomo matemático tenía a su lado al creador imaginativo que no olvidaba las facultades del músico i las intenciones del poeta a punto de nacer.>> Més endavant el personatge ja entenia que tot aquell espectacle celeste tenia un ordre que els matemàtics poden descriure:

<<El universo tenía sentido, adquiriría una razón de ser, por la medida de sus cosas, sus volúmenes y sus pesos, por sus distancias recorridas y sus tiempos transcurridos. Detrás de todo había una cantidad, una línea, una curva, un número; había un lenguaje sólo adquirido por los sabios de la aritmética y de la geometría, los que mejor que nadie conocían sus cadenas llenas de misterios. Aprecia que la esencia de cada elemento, cada línea, cada trazo, cada objeto, correspondía a un número; nada escapaba a una cantidad precisa. El sueño de Pitágoras aprecia cumplirse en la mente del observador.>>

Santaló, amb la seva visió geomètrica allunyada del pur formalisme, ha insistit moltes vegades en la utilitat d'aquesta ciència, sense descuidar la seva part més pura. En el seu discurs de recepció del doctorat *Honoris Causa* a Sevilla, el 1990, va posar com exemple d'aplicació el TAC, amb el treball conjunt, per bé que separats en el temps, d'un matemàtic, un físic i un enginyer. I afirmava:

<<Aquesta dualitat, pura i aplicada, o filosofia i eina, de la matemàtica, que la converteix en un entreteixit de camins i ponts entre el món de les idees i el del nostre entorn real, és precisament allò que li dóna universalitat i permanència, pel seu ampli espectre de gustos i varietat de formes. Potser sigui per això que la matemàtica és al mateix temps la ciència més conservadora i la més creativa i canviant, que conserva fresques i vives les seves arrels més remotes, en renovada harmonia amb els brots més recents i revolucionaris.>>

Una harmonia entre ciència pura i aplicada, entre la idea abstracta i la seva existència real – sigui com a constatació de quelcom o com a creació d'un nou sistema o aparell. És a la geometria, més concretament, que li correspon una correspondència més estreta amb la realitat. El 1992 Santaló deia, en acceptar el títol de Doctor *Honoris Causa* a la Universitat CAECE de Buenos Aires:

<<La matemàtica, en el seu màxim grau de puresa, és exclusiu raonament. És una ciència creada i desenvolupada en el món de les idees, tot i que moltes vegades, a posteriori, els seus assoliments foren aplicats als fenòmens naturals. La geometria, en canvi, té el seu origen en la natura mateixa, en les formes i en les transformacions dels seus objectes constituents. S'assembla a la física, l'objectiu de la qual és l'estudi dels fenòmens naturals.>>

Això faria que un món diferent hagués donat una geometria diferent, però no necessàriament unes altres idees abstractes:

<<Davant d'una natura diferent, tot i conservant les mateixes lleis de la lògica i del raonament, la geometria, com la física, serien diferents, mentre que la matemàtica en el seu sentit estricte, junt amb el càlcul que l'acompanya, podrien seguir sent els mateixos.>>

Santaló sembla expressar, doncs, la idea que en les matemàtiques hi ha creacions que no corresponen a elements reals, sinó que simplement han estat produïdes per la ment i que podrien haver sorgit en qualsevol món de qualsevol natura. En canvi, la geometria, per estranya que sembli en ocasions als no entesos, respon a una realitat, està inspirada per la realitat. Va ser creada per mesurar la Terra i després es va estendre a mesurar i estudiar l'univers, però <<pensant sempre en l'univers estable i ordenat de la nostra intuïció>>. Vingueren després, en diverses ciències, noves idees i noves constatacions, que semblaven anar contra el nostre sentit de les coses, però que es revelaven també

reals en certs llocs i sota certes condicions. I ara descobrim més universos diferents, que donen més terreny per córrer a la geometria:

<<Actualment, comença a utilitzar-se per estudiar l'univers turbulent i caòtic que apareix tant en l'infinitament petit dels àtoms i partícules elementals, com en l'infinitament gran del cosmos, infinituds, petites o grans, tant en dimensions espacials com en intervals de temps. Caldran, per al futur, noves intuïcions i nous raonaments, és a dir, una nova geometria i una nova matemàtica per poder concebre móns que per les seves dimensions i eternitat, presenten formes i s'ajusten a lleis que en el present són difícils de concebre, donades les nostres dimensions tant espacials com temporals, totes dues infinitèsimes.>>

Hi haurà, doncs, noves realitats, que aniran apareixent als nostres ulls conforme avancem en el coneixement. Sorgiran noves sorpreses, quan pensem que ho sabem gairebé tot, i apareixeran noms que desafiaran novament la nostra intuïció. I hi haurà branques de les matemàtiques, com la geometria, que, tot i la seva aparença abstracta i estranya, ajudaran a conèixer la realitat i a establir les lleis que la governen. Hi haurà geòmetres que trobaran nous sistemes i noves tècniques. I hi haurà geòmetres que, com Lluís Santaló, mouran les mans en l'aire, dibuixaran figures i ens recordaran que aquell idioma especialitzat, d'equivalències reservades als experts, per allunyat i artificial que ens sembli, no és sinó l'expressió de la realitat, que algunes ments privilegiades han aconseguit de copsar i de traduir en un llenguatge de símbols.

Bibliografia consultada

- Atienza, Rivero, E. (1993): *El general Herrera. Ciencia y exilio*, Proyecto Sur, Granada.
- Azuela, Arturo (1993): *El matematico*, CSIC–Seminario de Cultura Mexicana, Madrid.
- Bethell, Leslie (ed.) (1997): *Historia de América Latina*, volum 12, Critica, Barcelona.
- Canudas, Josep (1983): *Història de l'Aviació Catalana (1908–1936)*, La Magrana, Barcelona.
- Del Hoyo, Josep (dir.) (1989): *Enciclopèdia de Medicina i Salut*, Enciclopèdia Catalana, volums 1 i 2, Barcelona.
- Diversos autors (1995): *Diccionari d'Història Universal*, Edicions 62, Barcelona.
- Girbau, Joan (1998): *Reports de la Recerca a Catalunya: Matemàtiques*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Guérout, Serge (1992): "Science et politique sous le Troisième Reich", *Marketing*, Paris.
- Heims, Steve J. (1986): *J. von Neumann y N Wienet*, Salvat, Barcelona.
- Hormigón, Mariano (1984): "Rey Pastor y la matemática hispanoamericana", *Mundo Científico*, núm. 30, pàg. 1131–1137. – (1988): "Las matemáticas en España en el primer tercio del siglo XX". A: Sánchez Ron, José Manuel (ed.): *Ciencia y sociedad en España*, CSIC, Madrid.
- Mariscotti, M. (1987): *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en la Argentina*, Ed. Sudamericana–Planeta, Buenos Aires.
- Olf–Nathan, Josiane (dir.) (1993): *La science sous le Troisième Reich*, Seuil, Paris.
- Residencia*, edició facsimil, CSIC, Madrid, 1987 .
- Riera i Tuèbols, Santiago (1983): *Sintesi d'història de la ciència catalana*, La Magrana, Barcelona.
- Roca, Antoni (1985): E. Terradas y la llegada de la gran ciencia a España, *Mundo científico*, núm. 39, pàg. 908–915.
- Salvaggio, Santos (1980): *Premios Nobel*, Sopena, Barcelona.

Samaniego Boneu, M. (1977): *La política educativa de la Segunda República*, CSIC, Madrid.

Santaló, Lluís (1975): *L'educació matemàtica avui*, Teide, Barcelona –(1993) *La matemàtica: una filosofia i una tècnica*, Eumo, Vic.

Publicacions de Lluís Santaló

TREBALLS CIENTÍFICS PUBLICATS EN REVISTES PERIÒDIQUES

A cadascuna s'indiquen títol, revista on es va publicar, volum, any i pàgines.

- 1) "Área engendrada por un segmento que se mueve conservándose normal a una línea Y describiendo una superficie desarrollable", *Revista Matemática Hispano-Americana*, vol. 9, 1934, pàg. 101–107.
- 2) "Unos problemas de combinatoria", *Matemática Elemental*, vol. III, 1934, 21–22.
- 3) "Superficies desarrollables que pasan por una línea", *Las ciencias*, vol. 1, 1934.
- 4) "Algunas propiedades de las curvas esféricas y una característica de la esfera", *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. X, 1935, 1–4.
- 5) "Una fórmula integral para las figuras convexas en el plano y en el espacio", *Revista Matemática Hispano-Americana*, vol. XI, 1936, 209–216.
- 6) "Unos problemas referentes a probabilidades geométricas", *Revista Matemática Hispano-Americana*, vol. XI, 1936, 87–97.
- 7) "Geometría Integral 4: Sobre la medida cinemática en el plano" *Hamburg Abhandlungen*, vol. XI, 1936, 222–236.
- 8) "Integral geometrie 5: Ueber das kinematische Mass im Raum", *Actualités Hermannn.* 357 Paris, 1936.
- 9) "Geometría Integral 7: Nuevas aplicaciones del concepto de medida cinemática en el plano Y en el espacio", *Revista de la Academia de Ciencias de Madrid*, vol. 33, 1936, 3–50 (tesi doctoral)
- 10) "Curvas sobre una superficie que cumplen la condición $dsf(k,t)ds=0$ ", *Revista Matemática Hispano-Americana*, vol. 12, 1937, 3–12.
- 11) "Geometría Integral 15: Fórmula fundamental de la medida cinemática para cilindros y planos paralelos móviles", *Hamburg Abhandlungen*, vol. 12, 1937, 38–41.
- 12) "Geometría integral de figuras ilimitadas", *Publicaciones del Instituto de Matemáticas*, Rosario, vol. 1, 1939, 5–58.

- 13) "Una demostración de la propiedad isoperimétrica del círculo", *Publicaciones del Instituto de Matemáticas*, Rosario, vol. 2, 1940, 37–46.
- 14) "Geometría Integral 31: Sobre valores medios y probabilidades geométricas", *Hamburg Abhandlungen*, vol. 13, 1940, 284–294.
- 15) "Geometrie Integrale 32: Quelques formules integrales dans le plan et dans l'espace", *Hamburg Abhandlungen*, vol. 13, 1940, 344–356.
- 16) "Valor medio del número de partes en que una figura convexa es dividida por n rectas arbitrarias", *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 7, 1940–1941, 32–37.
- 17) "Generalización de un problema de probabilidades geométricas", *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 7, 1940–1941, 129–132.
- 18) "Un esquema de valores medios en la teoría de probabilidades geométricas", *Revista de Ciencias*, Lima, vol. 42, 1940, 146–154.
- 19) "Sur quelques problemes de probabilités géométriques", *Tohoku Mathematical Journal*, vol. 47, 1940, 159–171.
- 20) "Un teorema sobre conjuntos de paralelepípedos de aristas paralelas", *Publicación del Instituto de Matemáticas*, Rosario, vol. 2, 1940, 49–60.
- 21) "Verallgemeinerung eines Satz von T. Kubota ueber Eiliniien", *Tohoku Mathematical Journal*, vol. 48, 1941, 64–67.
- 22) "Algunas propiedades infinitesimales de las curvas planas", *Math. Notae*, vol. 1, 1941, 129–144.
- 23) "A Theorem and an Inequality Referring to Rectifiable Curves", *American Journal of Mathematics*, vol. 63, 1941, 635–644.
- 24) "Curvas extremales de la torsión total y curvas D ", *Publ. del Inst. de Mat.*, Rosario, vol. 3, 1941, 133–156.
- 25) "Quelques propriétés des courbes gauches dans la geometrie differentielle affine", *Portugaliae Mathematica*, vol. 3, 1942, 63–68.
- 26) "Complemento a la nota 'Un teorema sobre conjuntos de paralelepípedos de aristas paralelas'", *Publ. del Inst. de Mat.*, Rosario, vol. 3, 1942, 203–210.
- 27) "Sobre ciertas variedades con carácter de desarrollables en el espacio euclidiano de 4 dimensiones", *Publ. del Inst. de Mat.*, Rosario, vol. 4, 1942, 3–44.

- 28) "Algunos valores medios y desigualdades referentes a curvas situadas sobre la superficie esférica", *Revista de la Unión Mat. Argentina*, vol. 8, 1942, 113–125.
- 29) "Sobre el concepto de curvatura de superficies", *Math. Notae*, vol. 2, 1942, 165–184.
- 30) "Integral Formulas in Crofton's Style on the Sphere and some Inequalities Referring to Spherical Curves", *Duke Math. Journal*, vol. 9, 1942, 707–722.
- 31) "Algunas desigualdades entre los elementos de un triángulo", *Math. Notae*, vol. 3, 1943, 65–73.
- 32) "Sobre la cónica osculatriz en un punto ordinario de una curva plana", *Revista de la Unión Mat. Argentina*, vol. 9, 1943, 53–60.
- 33) "La desigualdad isoperimétrica sobre superficies de curvatura constante negativa", *Revista de Mat. Y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 3, 1942, 243–259.
- 34) "Una propiedad característica del círculo", *Math. Notae*, vol. 3, 1943, 142–147.
- 35) "Sobre la distribución probable de corpúsculos en un cuerpo deducida de la distribución en sus secciones y problemas análogos", *Revista de la Unión Mat. Argentina*, vol. 9, 1943, 145–164.
- 36) "Integral Geometry on Surfaces of Constant Negative Curvature", *Duke Math. Journal*, vol.,10, 1943, 687–704.
- 37) "Superficies cuyas curvas D son geodésicas o trayectorias isogonales de las líneas de curvatura", *Publicaciones del Inst. de Mat., Rosario*, vol. 5, 1943, 255–267 .
- 38) "Propiedades de las figuras convexas sobre la esfera", *Math. Notae*, vol. 4, 1944, 11–40.
- 39) "Acotaciones para la longitud de una curva o para el número de puntos necesarios para cubrir aproximadamente un dominio", *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol.16, 1944, 112–121.
- 40) "Note on Convex Spherical Curves", *Bulletin of the American Math. Soc.*, vol. 50, 1944, 528–534.
- 41) "Área limitada por la curva engendrada por el extremo de un segmento cuyo otro extremo recorre una curva fija y aplicación a la obtención de algunos teoremas sobre óvalos", *Math. Notae*, vol. 4, 1944, 213–226.

- 42) "Un teorema sobre representación conforme", *Math. Notae*, vol. 5, 1945, 29–40.
- 43) "Valor medio del número de regiones en que un cuerpo del espacio es dividido por n planos arbitrarios", *Revista de la Unión Mat. Arg.*, vol. 10, 1945, 101–108.
- 44) "Sobre el círculo de radio máximo contenido en un recinto"; *Revista de la Unión Mat. Arg.*, vol.10, 1945, 155–162.
- 45) "Note on Convex Curves on the Hyperbolic Plane", *Bulletin of the American Math. Soc.*, vol. 51, 1945, 405–412.
- 46) "Complemento a la nota 'Sobre un problema diofántico'" *Math. Notae*, vol. 5, 1945, 162–171.
- 47) "Algunas propiedades de las curvas alabeadas en la geometría diferencial proyectiva", *Actas de la Academia de Ciencias de Lima*, vol. 8, 1945, 203–216.
- 48) "Sobre un complejo lineal ligado a una curva cerrada del espacio", *Math. Notae*, vol. 6, 1946, 45–56.
- 49) "Convex Regions on the n -Dimensional Spherical Surface" *Annals of Mathematics*, vol. 47 , 1946, 448–459 .
- 50) "A Geometrical Characterization for the Affine Differential Invariants of a Space Curve", *Bull. of the American Math. Soc*, vol. 52, 1946, 625–632.
- 51) "Sobre la longitud de una curva del espacio como valor medio de las longitudes de sus proyecciones ortogonales", *Math. Notae*, vol. 6, 1946, 158–166.
- 52) "Una fórmula integral referente a figuras convexas", *Revista de la Unión Mat .Arg.*, vol. 7, 1942, 165–169.
- 53) "Unas fórmulas integrales referentes a cuerpos convexos", *Revista de la Unión Mat. Arg.*, vol.12, 1946, 78–87.
- 54) "Sobre los cuerpos convexos de anchura constante en E^n ", *Portugaliae Mathematica*, vol. 5, 1946, 195–201.
- 55) "Estudios numerativos sobre las variedades de contacto de las superficies en un espacio de n dimensiones" (En col.laboració amb B. Levi i De Maria), *Publ. del Inst. de Mat., Rosario*, vol. 8, 1946,3–72.
- 56) "Sobre figuras planas hiperconvexas", *Summa Brasiliensis Mathematicae*, vol.1, fasc.11, 1946, 221–239.

- 57) "On the First Two Moments of the Measure of a Random Set", *Annals of Math. Statistics*, vol. 18, 1947 , 37–49.
- 58) "Sobre la medida del conjunto de figuras convexas congruentes contenidas en el interior de un rectángulo o de un triángulo", *Actas Acad. De Ciencias de Lima*, vol. 10, 1947, 102–118.
- 59) " Affine Invariants of Certain Pairs of Curves and Surfaces", *Duke Math. Journal*, vol.14, 1947, 559–574.
- 60) "Una propiedad característica de las cuádricas de revolución y de los cilindros cuya sección recta es una espiral logarítmica", *Math. Notae*, vol. 7, 1947, 81–90.
- 61) "Curvas D sobre conos", *Math. Notae*, vol. 7, 1947, 179–190.
- 62) "Sobre la distribución de planos en el espacio", *Rev de la Unión Mat. Arg.*, vol. 13, 1948, 120–124.
- 63) "Beweis eines Satzes von Bottema ueber Eilinien", *Tohoku Math. Journal*, vol. 4, 1941, 221–224.
- 64) "Integral Geometry on Surfaces", *Duke Math. J.*, vol. 16, 1949, 361–375.
- 65) "Un invariante afín para las curvas convexas del plano", *Math. Notae*, vol. 8, 1949, 103–111.
- 66) "Una invariante afín para los cuerpos convexos del espacio de n-dimensiones", *Portugaliae Mathem.*, vol. 8, 1949, 155–161.
- 67) "Integral Geometry on Projective and Affine Spaces", *Annals of Math.*, vol. 51, 1950, 739–755.
- 68) "Geometría integral en los espacios tridimensionales de curvatura constante"; *Math. Notae*, vol. 9, 1950, 1–28.
- 69) "On Parallel Hypersurfaces in the Elliptic and Hyperbolic n-Dimensional Space", *Proc. Of the Amer: Math. Soc.*, vol. 1, 1950, ,, 325–330.
- 70) "Unas fórmulas integrales y una definición del área q-dimensional de un conjunto de puntos", *Revista de Matemáticas y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 7 , 1950.
- 71) "Unas desigualdades entre los elementos de un tetraedro en geometría no euclidiana", *Math. Notae*, vol. 9, 1950, 113–117 .
- 72) "Sobre unas fórmulas integrales y valores medios referentes a figuras convexas móviles en el plano", *Publ. de la Fac. de Ciencias Exactas de la Univ. de Buenos Aires*, vol.1, n. 2, 1950, 25–45.

- 73) "Observaciones sobre superficies y poliedrales inscriptas", *Las Ciencias*, Madrid, vol. 15, 1950.
- 74) "Integral Geometry in General Spaces", *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, Cambridge 1950, vol. 1 , 483–489.
- 75) "Generalización de una desigualdad de H. Hornich a espacios de curvatura constante", *Revista de la Unión Mat. Arg.*, vol. 15, 1951,62–66.
- 76) "La probabilidad en las construcciones geométricas", *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, vol. 152, 1951, 203–229.
- 77) "On Permanent Vector Varieties in n-Dimensions", *Portugaliae Math*, vol.10, 1951, 125–127.
- 78) "Problemas de geometría integral", *Symposium sobre algunos problemas matemáticos que se están estudiando en América latina*, Punta del Este, Uruguay, 1951, 23–40.
- 79) "Integral Geometry in Hermitian Spaces", *American Journal of Math*, vol. 74, 1952, 423–434.
- 80) "Dos propiedades de los círculos sobre la superficie esférica", *Math. Notae*, vol. 11, 1952, 73–78.
- 81) "Geometría integral en espacios de curvatura constante", – *Publicaciones de la Comisión Nac. de Energía Atómica*, Serie Matemática, vol. 1, fasc. 1, 1952, 1–68.
- 82) " Algunos valores medios sobre la semiesfera", *Math. Notae*, vol. 12, 1952, 32–37 .
- 83) "Measure of Sets of Geodesics in a Riemannian Space and Applications to Integral Formulas in Elliptic and Hyperbolic Spaces", *Summa Brasiliensis Mathematicae*, vol.. 3, n.1 , 1952, 1–11.
- 84) "On the Kinematic Formula in Spaces of Constant Curvature", *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, Amsterdam, 1954.
- 85) "Unas generalizaciones del teorema de los cuatro vértices", *Math. Notae*, 1954, 69–78.
- 86) "Sobre unos tensores análogos al de curvatura en espacios de conexión afin no simétrica", *Rev. de Mat. Y Física teórica de la Uniu de Tucumán*, vol.10, 1954, 19–26.
- 87) "Sobre el teorema de Holditch y análogos en geometría no euclidiana", *Math. Notae*, vol. 14, 1954, 32–49.

- 88) "Cuestiones sobre geometría diferencial afín de superficies", *Coloquio sobre algunas cuestiones matemáticas que se están estudiando en América Latina II*, Villavicencio, Mendoza, 1954, 21–33.
- 89) "On Geometry of Numbers", *Japanese Journal of Math*, vol. 7, 1955, 208–213.
- 90) "Cuestiones de geometría diferencial e integral en espacios de curvatura constante", *Rendiconti del Seminario Mat. di Torino*, vol. 14, 1955, 277–295.
- 91) "Sur la mesure des espaces linaires qui coupent un corps convexe et problémes qui s'y rattachent", *Coloquio sobre cuestiones de realidad*, Liège, 1955, 177–190.
- 92) "Sobre las cuerdas de una curva convexa", *Revista de la Unión Mat. Argentina*, vol.17, 1955, 217–222.
- 93) "Sobre la distribución de los tamaños de los corpúsculos contenidos en un cuerpo a partir de la distribución en sus secciones", *Trabajos de Estadística*, Madrid, vol. 6, 1956, 181–196.
- 94) "Curvas sobre una superficie extremales de una función de la curvatura y de la torsión", *Abhandlungen der Hamburgische Universitat*, vol. 20, 1956.
- 95) "Sobre la unicidad de los operadores vectoriales", *Math. Notae*, vol. 14, 1956, 120–132.
- 96) "On the Mean Curvatures of a Flattened Convex Body", *Revue du Fac. des Sciences*, Université Istanbul, vol. 21, 1956, 189–194.
- 97) "Unas propiedades de la representación conforme local de una superficie sobre otra", *Rev de la Unión Mat. Argentina*, vol. 18, 1957, 45–52.
- 98) "Geometría diferencial afín y cuerpos convexos", *Math. Notae*, vol. 16, 1957, 20–42.
- 99) "Unas desigualdades referentes a figuras convexas del plano y del espacio", *Actas de la reunión de la Unión Mat. Arg.*, Bahía Blanca, 1957.
- 100) "Un nuevo invariante afín para las figuras convexas del plano y del espacio", *Math. Notae*, vol. 16, 1958; 78–91.
- 101) "Sobre las ecuaciones del campo unificado de Einstein", *Rev. de Mat. Y Física Teórica de la Univ de Tucumán*, vol. 12, 1959, 31–55.
- 102) "Two Applications of the Integral Geometry in Affinand Projective Spaces", *Publ. Math. Debrecen*, vol. 7, 1960, 226–237.

- 103) "Sobre las teorías del campo unificado", *Rev de la Unión Mat. Argentina*, vol. 19, 1960, 195–206.
- 104) "Una fórmula de Steiner para superficies paralelas en geometría afin", *Rev. de Mat. Y Física Teórica de la Univ. de Tucumán*, vol. 13, 1960, 194–208.
- 105) "Sobre la fórmula de Gauss–Bonnet para poliedros en espacios de curvatura constante", *Rev Unión Mat. Argentina*, vol. 20, 1960, 79–91.
- 106) "Sobre los sistemas completos de desigualdades entre los elementos de una figura convexa plana", *Math. Notae*, vol.17, 1961, 82–104.
- 107) "On the Measure of Sets of Parallel Linear Spaces in Affin Space", *Canadian Journal of Math.*, vol.14, 1962, 313–319.
- 108) "Sobre unas propiedades características de la esfera", *Rev. Mat. Y Física Teórica de la Univ de Tucumán*, vol. 14, 1962, 287 –297 .
- 109) "Sobre la fórmula fundamental cinemática de la geometría integral en espacios de curvatura constante", *Math. Notae*, vol. 18, 1963, 79–94.
- 110) "Una relación entre las curvaturas medias de cuerpo convexos paralelos en espacios de curvatura constante", *Rev. Unión Mat. Argentina*, vol. 21, 1963, 121–137.
- 111) "Integral Geometry of the Proyective Groups on the Plane Depending on MoreThan 3 Parameters", *Ann. Scient. University of Jassy*, vol. 11, 1965, 307–335.
- 112) "On Einstein's Unified Field Theory",A: *Perspectives in Geometry and Relativity*, Indiana University Press, 1966, 343–352.
- 113) "Valores medios para polígonos formados por rectas al azar en el plano hiperbólico", *Rev. Mat. y Física Teórica de la Univ de Tucumán*, vol. 16, 1966, 29–44.
- 114) "Sobre el recíproco de un teorema de Jacobi referente a curvas del espacio", *Rev Mat. y Física Teórica de la Univ. de Tucumán*, vol. 17, 1967, 83–89.
- 115) "Horocycles and Convex Sets in Hyperbolic Plane", *Archiv. Math.* vol. 28, 1967 , 83–89.
- 116) "Grupos del plano respecto de los cuales los conjuntos de puntos y de rectas admiten una medida invariante", *Rev. Unión Mat. Argentina*, vol. 23, 1967, 119–148.

- 117) "Integral Geometry", A: S.S. Chern (ed.), *Studies in Global Analysis and Geometry*, The Mathematical Association of America, Prentice Hall, 1967, 147–193.
- 118) "Spaces with two Affine Connections", *Bull. Calcuta Math. Soc.*, vol. 59, 1967, 3–8.
- 119) "Horospheres and Convex Bodies in Hyperbolic Space", *Proc. Amer. Math. Society*, vol. 19, 1968, 390–395.
- 120) "Curvaturas absolutas totales de variedades contenidas en un espacio euclidiano", *Acta Científica Compostelana*, vol. 5, 1968, 140–158.
- 121) "On Some Geometric Inequalities in the Style of Fary", *American Journal Math.*, vol. 91, 1969, 25–41.
- 122) "Convexidad en el plano hiperbólico", *Rev. Mat. y Física Teórica de la Univ Tucumán*, vol. 19, 1969, 174–183.
- 123) "Algunos problemas de geometría diferencial", *Notas Científicas serie A, Matemática*, Lima, vol. 7, 1969, 27–43.
- 124) "Mean Values and Curvatures", *Izv; Akad. Nauk. Armejan, SSR, Set: Math.*, vol. 5, 1970, 286–295.
- 125) "Probabilidades sobre cuerpos y cilindros convexos", *Rev; Unión Mat. Argentina*, vol. 25, 1970, 286–295.
- 126) "Averages for Polygons Formed by Random Lines in Euclidean and Hyperbolic Planes" (en colaboración con Y. Yáñez), *Journal of Applied Probability*, vol. 9, 1972, 140–157.
- 127) "Sobre algunas teorías asimétricas del campo unificado", *Rev. Academia de Ciencias de Madrid*, vol. 66, 1972, 395–425.
- 128) "Unified Field Theories of Einstein's Type Deduced from a Variational Principle: Conservation Laws", *Tensor*, vol. 25, 1972, 383–389.
- 129) "Total Curvatures of Compact Manifolds Immersed in Euclidean Space", *Symposium Math.*, vol. 14, Instituto Nazionale di Alta Matematica, Roma (Academic Press, New York, 1974, 363–390).
- 130) "Curvas y cuaterniones", *Rev Unión Mat. Argentina*, vol. 27, 1974, 41–52.
- 131) "Sobre las geodésicas del universo de Godel–Synge", *Volumen de homenaje al profesor Lora Tamayo*, Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid, 1975, 51–69.

- 132) "The Kinematic Formula in Integral Geometry for Cylinders", *Annali di Matematica serie IV*, vol.103, 1975, 71–79.
- 133) "Plane and Line Segment Processes" (en col.laboració amb N. Fava), *Journal Appl. Probability*, vol. 15, 1978, 494–581.
- 134) "Random Processes of Linear Segments and Graphs", *Lecture Notes on Biomathematics*, núm. 23, Springer, Berlin, 1978, 279– i 294.
- 135) "Conjuntos de segmentos sobre superficies", *Math. Notae*, 26, 1978, 63–72.
- 136) "Random Processes of Manifolds in R^n " (en col.laboració amb N. Fava), *Zeitsch. Wahrscheinlich-eitstheorie*, 50, 1979, 85–91.
- 137) "Integral Geometry, History and Perspectives", *Proc. IV Int. Congress on Diff. Geom.*, Santiago de Compostela, 1979, 1–48.
- 138) "Random Lines and Tesselations in a Plane", *Stochastica*, vol. IV;1980, 3–13.
- 139) "Probabilidades geométricas. Geometría Integral y Geometría Estocástica", *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Buenos Aires, vol. 32, 1980, 65–93.
- 140) "Cauchy and Kubota Formulas for Convex Bodies in Elliptic n -Space", *Rend. Sem. Mat. Univ Politec.Torino*, vol. 38, 1980, 51–58.
- 141) "Notes on the Integral Geometry in the Hyperbolic Plane", *Portugaliae Math.*, vol. 39, 1980, 239–249.
- 142) "Segmentos al azar en E^n ", *Revista de Mat. y Física Teórica de la Univ de Tucumán*, vol. 26, 1976 (publicat el 1981), 229–238.
- 143) "Geodesics in Godel Synge Space", *Tensor*, 1982, 173–178.
- 144) "An Inequality between the Parts into which a Convex Body is Divided by a Plane Section", *Rend. Circ. Mat. Palermo*, II, vol. 32,1983, 124–130.
- 145) "Mixed Random Mosaics", *Math. Nachrichten*, vol. 117, 1984, 124–130.
- 146) "On Some Invariants under Similitudes for Convex Bodies", *Discrete Geometry and Convexity*, New York Academy of Sciences, 1985, 128–131.
- 147) "Un problema simple de decisión y un problema de espera", *Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa*, vol. 36, Madrid, 1985,269–279.
- 148) "On the Measure of Line Segments Entirely Contained in a Convex Body", *Aspects of Math. and its Applications*, Elsevier Science Publ. B.v., 1986, 677–687 (volum dedicat a L. Nachbin).

- 149) "On the Superposition of Random Mosaics", *Acta Stereologica*, vol. 6, 1987, 141–145.
- 150) "Affine Integral Geometry and Convex Bodies", *J of Microscopy*, vol. 152, 1988, 229–233.
- 151) "Fórmulas fundamentales de la Estereología usando secciones por variedades no lineales", *Revista de la Unión Mat. Arg.*, vol. 34, 1988, 56–68.
- 152) "Mosaicos aleatorios", *Rev. Real Academia Ciencias Exactas de Madrid*, vol. 82, 1989, 483–522.
- 153) "Geometría diferencial, geometría integral y geometría estocástica", *Noticiero de la U.M.A.*, 1991.
- 154) "Fundamentos de la estereología en los espacios euclidianos e hiperbólicos de tres dimensiones", *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, vol. VII, 1995, 117–134.

TREBALLS CIENTÍFICS PUBLICATS EN LLIBRES

- 1) *Historia de la Aeronáutica*. Buenos Aires: Espasa–Calpe Argentina, 1946.
- 2) *Geometría Integral* (en col.laboració amb J. Rey Pastor). Buenos Aires: Espasa–Calpe Argentina, 1951.
- 3) *Introduction to Integral Geometry*. Paris: Hermann, 1953 (hi ha traducció al rus).
- 4) *La probabilidad y sus Aplicaciones*, Buenos Aires: Editorial Iberoamericana, 1955.
- 5) *Geometría Analítica* (en col.laboració amb J. Rey Pastor i M. Balanzat). Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1955.
- 6) *Vectores y tensores*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA), 1961.
- 7) *Geometrías no euclidianas*. Buenos Aires: EUDEBA, 1961.
- 8) *Geometría proyectiva*. Buenos Aires: EUDEBA, 1966.
- 9) *Espacios vectoriales y Geometría Analítica*. Washington: Monografias de la OEA, 1965.
- 10) *La Matemática en la Escuela Secundaria*. Buenos Aires: EUDEBA, 1966.

- 11) *Probabilidad e inferencia estadística*. Washington: Monogramas de la OEA, 1970.
- 12) *Evolución de las Ciencias en la República Argentina*. Tomo 1: *La Matemática*, (en col.laboració amb altres autors; volum publicat per la Sociedad Científica Argentina en el seu centenari) . Buenos Aires, 1975.
- 13) *L'educació matemàtica avui*. Barcelona:Teide, 1975.
- 14) *Geometría Espinorial*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Matemática, CONICET, 1976.
- 15) "*Integral Geometry and Geometric Probability*". A: *Encyclopedia of Mathematics and its Applications*, Massachusetts: Addison- Wesley, Reading, 1976 (traduït al rus el 1983 i al xinès el 1991).
- 16) *Julio Rey Pastor; matemático* (escrit en col.laboració amb S. Rios i M. Balanzat), Madrid: Instituto de España, 1979.
- 17) *Señorita, ¿qué es la estadística?* (en col.laboració). República Argentina: Editorial C.O.P.E.A, 1991.
- 18) *La matemática: una filosofía i una técnica*. Vic: Eumo Editorial, 1993 (versió castellana, Barcelona: Ariel, 1994) .
- 19) *La enseñanza de las matemáticas en la educación intermedia. Tratado de educación personalizada* dirigido por Victor Garcia Hoz, vol. 14. Madrid: Rialp.
- 20) *La Geometría en la formación de profesores*. Buenos Aires: Red Olímpica, 1994
- 21) *Enfoques, hacia una didáctica humanística de la matemática* (en col.laboració). Buenos Aires:Troquel, 1994.
- 22) *Matemática 1, para la Enseñanza General Básica (E.G.B.)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1993.
- 23) *Matemática 2, para la Enseñanza General Básica (E.G.B.)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1994.
- 24) *Matemática 3, para la Enseñanza General Básica (E.G.B.)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1995.
- 25) *De educación y estadística* (en col.laboració). Buenos Aires: Serie Eureka, Kapelusz, 1994.

ARTICLES DE DIVULGACIÓ, CONFERÈNCIES PUBLICADES I TREBALLS SOBRE EDUCACIÓ MATEMÀTICA

- 1) "Algunos problemas geométricos que plantea la navegación aérea", *Boletín Matemático*, Buenos Aires, vol. 13, 1940.
- 2) "Sobre las probabilidades continuas", *Ciencia*, Mèxic, vol. 1, 1940.
- 3) "Posibilidades del vuelo interplanetario", *Revista de Ingeniería y Arquitectura*, Rosario, 1942.
- 4) "La matemática y el lenguaje", conferencia publicada per l'Asociación Cultural de Conferencias, Rosario, 1941.
- 5) "Nicolo Tartaglia y la resolución de la ecuación de tercer grado", *Math. Notae*, vol. 1, 1941.
- 6) "Isaac Newton y el Binomio", *Math. Notae*, vol. 2, 1942.
- 7) "La probabilidad y sus diversas aplicaciones", conferencia publicada per l'Asociación Cultural de Conferencias, Rosario, 1942.
- 8) "Breve historia y estado actual de algunas quimeras y fantasías del Hombre", *Revista Centro de Estudiantes*, Fac. C. Matemáticas, Rosario, 1943.
- 9) "Origen y desarrollo de la Geometría Integral", *Rev. Universidad Católica del Perú*, vol. 12, 1944.
- 10) "Origen y evolución de algunas teorías matemáticas", *Rev. de Ingeniería*, Montevideo, octubre de 1945.
- 11) "Sobre el problema del radio de acción de los aviones", *Rev. Centro de Estudiantes*, Facultad C. Matemáticas, Rosario, 1945.
- 12) "Las probabilidades geométricas Y la geometría integral", *Bol. de la Facultad de Ingeniería*, vol. 3, Montevideo,
- 13) "Contribución de la aviación al progreso de las Ciencias", conferencia publicada per l'Asociación Cultural de Conferencias, Rosario, 1945.
- 14) " Aplicaciones y problemas actuales de algunas teorías matemáticas", *Anales Soc. Científica Argentina*, vol. 150, 1950.
- 15) "Nuevos problemas planteados a la matemática por las otras ciencias", *Bol. Centro Coop. Cient. UNESCO*, Montevideo, 1952.
- 16) "El problema de la unificación de los campos: la última teoría de Einstein", *Mundo Atómico*, vol. 4, Buenos Aires, 1953.
- 17) "La última teoría del campo unificado de Einstein", *Ciencia e investigación*, vol. 9, Buenos Aires, 1953.

- 18) "La probabilidad en geometrías no euclidianas", *Estocástica*, vol. 2, 1954.
- 19) "Aspectos modernos en el campo de la geometría", *Ciencia y Tecnología*, OEA, vol. 4, núm. 12, Washington, 1954.
- 20) "La obra de Einstein en el campo matemático", *Ciencia e Investigación*, Buenos Aires, juliol de 1955.
- 21) "Geometría Analítica y Geometría Sintética", *Anales de la Academia de Ciencias Exactas Físicas Y Naturales*, vol. 15, 1960, 9–31.
- 22) "La Matemática en la Argentina ", *Rev Universitaria Buenos Aires*, V Època, núm. 2, 1961.
- 23) "Geometrías finitas" (en col.laboració amb R. Carranza), *Ciencia e Investigación*, tom 19 , 1963, 49–62.
- 24) "Perspectivas del desarrollo de la matemática en América Latina", *Rev Unión Matemática Argentina*, vol. 20, 1960, 23–32.
- 25) "La obra científica de Beppo Levi", *Math. Notae*, vol. 18, 1962, 23–28.
- 26) "La formación de profesores de matemática" (en col.laboració amb A. Valeiras), *Educació Matemática en las Américas I*, Columbia University, Teachers College, 1962.
- 27) "La enseñanza de las ciencias en la escuela media: la Matemática", *Ciencia e investigación*, tom 19, 1963, 245–252.
- 28) "La matemática moderna en las escuelas primaria y secundaria", *La Educación*, OEA, Washington, núm. 37 , 1965, 25–44.
- 29) " Álgebra y Geometría: sus vinculaciones", *Anales de la Academia Nac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Buenos Aires, vol. 20, 1965, 47–63.
- 30) "Problemas que encuentra la reforma de la enseñanza de la matemática en América Latina referente a los profesores y programas", *Ed. Mat. en las Américas II*, 1966, 23–29.
- 31) "Preparación de profesores de matemática para la enseñanza secundaria" (en col.laboració amb R. Voelker), *Ed. Mat. en las Américas II*, 1966, 189–196.
- 32) "La Matemática en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires en el periodo 1865–1930", *Boletín Academia de Ciencias*, Córdoba, 1970, 255–273.
- 33) "La Matemática y la Educación", *Publicación de la Oficina de Ciencias de la UNESCO para América Latina*, Montevideo, 1972.

- 34) Diverses editorials sobre Política Científica, publicades a la revista *Ciencia e Investigación*, Buenos Aires, durant els anys 1968–1972 (en què fou el seu codirector).
- 35) "La matemática y su enseñanza en los niveles elemental, medio y superior", *Actas del IV Congreso Bolivariano de Matemáticas*, Panamá, 1973 (publicat també a *Conceptos de Matemática*, 1973, núm. 27)
- 36) "Las aplicaciones de la Matemática en la Enseñanza Secundaria: papel de la Estadística y de la Probabilidad". A: *Las Aplicaciones en la Enseñanza y Aprendizaje de la Matemática en la Escuela Media*, Of. de Ciencias de la UNESCO para América Latina, Montevideo, 1974.
- 37) "Panorama de la Matemática en América Latina en 1974", *Boletín de la Oficina de Ciencias de la UNESCO*, Montevideo, núm. 8, 1974.
- 38) "La teoría de los conjuntos y la enseñanza de la matemática", *Conceptos de Matemática*, núm. 34, 1975, 4–10.
- 39) "El tercer Congreso Internacional sobre Educación Matemática", *Conceptos de Matemática*, núm. 40, 1976, 19–24.
- 40) "La Enseñanza de la Matemática: de Platón a la Matemática Moderna", *Revista del Instituto de Investigaciones Educativas (IIE)*, any 3, núm. 13, Buenos Aires, 1977 , 3–26.
- 41) "El debate actual sobre la Matemática Moderna", *Revista del Instituto de Investigaciones Educativas (IIE)*, any 3, núm. 14, Buenos Aires, 1977 , 3–22.
- 42) "Geometría y Física", *Conceptos de Matemática*, núm. 43, 1977 , 24–34.
- 43) "Los módulos en la enseñanza y aprendizaje de la matemática en la escuela secundaria" (en col.laboració amb diversos autors), *Publicación de la Oficina Regional de la UNESCO para América Latina*, Montevideo, 1977 .
- 44) "El pensar Matemático: la Matemática en la Técnica y en el Arte", *Revista Hitos*, Buenos Aires, novembre–deseembre 1978.
- 45) "Información y Cultura", *Revista Nacional de Cultura*, any 1, núm.1, Buenos Aires, 1978,p.75–81.
- 46) "La Matemática y las Ciencias del Hombre". A: *Métodos cuantitativos en las Ciencias Sociales* (en memòria del Dr. Barral Souto), Buenos Aires, 1979, p. 137–152.
- 47) "Matemática y Sociedad", *Docencia*, Buenos Aires, 1980.
- 48) "Teaching Statistics in Argentina", *Teaching Statistics*, vol. 2, 1980.

- 49) Pròleg a D. Papp: *Filosofía de las Leyes Naturales*, Buenos Aires: Troquel, 1980 (2a edició).
- 50) "Influencia de Einstein en el campo matemático". A: *Conmemoración de Einstein en el centenario de su nacimiento*, Universidad Nacional de Tucumán, 1981 , 27 –46.
- 51) "Computación y probabilidad en Educación", *Revista del Instituto de Investigaciones educativas*, núm. 37 , 1982, 3–14.
- 52) "Ciencia argentina: su Historia y su Filosofía", *Actas de las primeras jornadas de Historia del Pensamiento Científico Argentino*, BuenosAires, 1982, 13–19.
- 53) "El cultivo de actitudes científicas para una educación integral del hombre" A: *El sistema educativo hoy*, CINAIE, vol. 1, Buenos Aires,1983, p.15–26.
- 54) "La Ciencia y la Técnica en la Sociedad contemporánea", Buenos Aires: CONICET, 1983.
- 55) "Labor de Terradas en Argentina", *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid* (secció necrològica dedicada a Esteve Terradas), 1983.
- 56) "Geometría Integral, Estereología y Topografía Computarizada", *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, 1984, vol. 2, núm. 15, 26–32.
- 57) "Ciencia, Técnica y Sociedad a fines del segundo milenio", *Revista de la Escuela Superior de Guerra*, maig–juny, 1984.
- 58) "El papel de la Universidad en el desarrollo científico y tecnológico", *Educación Superior*, CRESALC, UNESCO, núm. 16, Caracas, 1984.
- 59) "La información y su influencia en la Ciencia y la Filosofía" A: *Estudios dedicados a Luis Farré*, FEPAL, Buenos Aires, 1985, 75–79.
- 60) "La enseñanza de la Geometría en el ciclo secundario". A: *La enseñanza de la Matemática a debate*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1985, 11–23.
- 61) "La Ciencia y la Técnica a fines del siglo XX", *Ingeniería Militar*, 1985, 5–8.
- 62) "The work of Wilhelm Blaschke, an Integral Geometry". A: *Blaschke GE sammelte Werke*, tom 2, 211–218, Essen: Thales–Verlag, 1985.
- 63) "La Matemática en la Educación", *Docencia*, Buenos Aires, 1986.

- 64) "El ingeniero José Babini, matemático e historiador de la Ciencia", *Actas de las segundas jornadas de Historia del Pensamiento Científico Argentino*, Buenos Aires, 1986, 135–138.
- 65) "La enseñanza de las Ciencias en la Escuela Media", *Docencia*, Buenos Aires, 1987 .
- 66) "Pensar determinista, pensar probabilista, pensar informático", *Anales del Primer Congreso Argentino de Informática Educativa*, Buenos Aires, 1987 , 5–10
- 67) "Influencia de la Ciencia en la Literatura". A: *Literatura y Ciencia*, Fundación Casa de la Cultura de Córdoba, 1988, 29– 33.
- 68) "Estadística y Probabilidad en la Escuela Media", *Elementos de Matemática*, II, núm. 7 , 1988, 16–26.
- 69) "La Probabilidad en la Escuela Media: uso de tablas al azar", *Epsilon (Revista de la Sociedad Matemática Thales)*, núm. 10, 1988, 9–22.
- 70) "Julio Rey Pastor, en el centenario de su nacimiento", *Ciencia e Investigación*, Buenos Aires, vol. 42, 1988, 326–330.
- 71) "Proporcionalidad y probabilidad", *Rev. de la Sociedad Canaria de Profesores de Matemáticas*, núm. 18, 1988, 7 –17 .
- 72) "Rey Pastor en Hispanoamérica", *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales* (fascicle commemoratiu del centenari del naixement de Rey Pastor), Madrid, 1988, 27–34.
- 73) "La investigación científica, profesión de nuestro siglo", *Academia de Ciencias de Buenos Aires*, 1988.
- 74) "La probabilidad en la enseñanza secundaria, simulación de juegos", *Revista de Educación Matemática*, vol. 4, 1989, 4–17.
- 75) "La ciencia en los umbrales del tercer milenio", *Ingeniería Militar*, Buenos Aires, any 5, núm. 9, 1989, 4–11.
- 76) "La obra de Rey Pastor en geometría y topología", *Revista de la UMA*, vol. 35, 1989, 3–12.
- 77) "Método experimental y método matemático", *Elementos de Matemática*, vol. 5, núm. 17 , 1990.
- 78) "Matemáticas para no matemáticos" (memòries del Congrés Iberoamericà) Col. de Documents de la UNESCO, Sevilla, 1990.

- 79) *El ensayo del Científico*, Fundación casa de Cultura de Córdoba, 1990, 16-21.
- 80) "Olimpiadas Matemáticas", *Revista de Educación Matemática*, vol. 6, 1991, 21-36.
- 81) "Fractales y sistemas caóticos", *Revista del Instituto Tecnológico de BuenosAires*, 1991, vol.14.
- 82) "Matemática y cultura general", *SUMA*, Huelva, 1992, vol. 10, 4-8.
- 83) "Conjuntos Fractales", *Elementos de Matemática*, V 1, 1992, 5-26.
- 84) "La Ciencia en Hispanoamérica durante los quinientos años del descubrimiento", *Anales Academia Ciencias Exactas*, Buenos Aires, vol. 44, 1992.
- 85) "José Babini, matemático", *Saber Y tiempo*, Buenos Aires, núm. 3, gener-juny, 1997.
- 86) "Matemática para profesores", *Épsilon (Revista de la Sociedad Matemática Thales)*, SAEM, Sevilla, núm. 38, 1997.