

## In memoriam Lluís Santaló i Sors\*

AGUSTÍ REVENTÓS TARRIDA

El passat 22 de novembre de 2001, als noranta anys d'edat, va morir a Argentina el gran matemàtic Lluís Antoni Santaló i Sors, màxim exponent de la geometria integral, gran pedagog i divulgador científic, personalitat de gran valor humà, amb més de 250 publicacions, amb llibres de gran influència a la nostra comunitat matemàtica, com la *Geometria projectiva*. Que serveixin aquestes línies com un petit avançament als homenatges que mereix.<sup>1</sup>

### Girona

Lluís Santaló va néixer a Girona, el 9 d'octubre de 1911. Concretament en el número 15 de la plaça de Sant Pere. És el quart fill de Silvestre Santaló Pavorell i Consol Sors Llach. Per ordre d'edat els tres germans més grans són: Neus, Marcel i Joan, i els tres menors, Dolors, Xavier i Maria.

Fa poc Maria m'explicava que ja de petit, i òbviament en to de broma, li passaven la mà pel cap per tal que els inspirés la seva ciència, ja que era reconeguda la seva capacitat per als estudis.

---

\*Article aparegut a la *Gaceta Matemática*, vol. 5, núm. 1

<sup>1</sup> *Agraïments*: Agraeixo a la *Gaceta Matemática* per haver pensat en mi per a aquest article. Quan la *Gaceta* em va proposar aquest article de seguida vaig pensar en el llibre de Xavier Duran [D] que havia llegit feia poc. Vaig parlar amb ell, un dels periodistes científics més reconeguts dels nostre país i casualment exalumne meu a la llicenciatura de química, que em va donar tota mena de facilitats per a utilitzar el seu llibre. També vull agrair la col·laboració dels professors Claudi Alsina, Eduard Gallego, Antonio Martínez Naveira i Gil Solanes que m'han ajudat en diversos aspectes de l'article. També vull expressar el meu agraïment als professors Sebastià Xambó i Joan Josep Carmona que van fer-ne una revisió acurada de la primera versió.

Lluís Santaló comença a estudiar en el Grup Escolar, on el seu pare era mestre. Després va passar a l'institut, del qual va guardar sempre un profund record. Xavier Duran [D] comenta una conversa amb Santaló on aquest recordava les pràctiques de meteorologia que realitzaven en el mateix Institut amb el professor de física, el senyor Camps, i en la qual també recorda gratament el seu primer professor de matemàtiques, Lorenzo González Calzada.

Coincideix, entre altres, amb els futurs grans historiadors Jaume Vicens Vives i Santiago Sobrequés Vidal.

Als setze anys marxa a estudiar a Madrid. Sembla que el seu pare va influir en la decisió, i pensà que per a doctorar-se o fer oposicions hauria d'anar a Madrid i el millor era que conegués l'entorn. S'allotja a la famosa Residencia de Estudiantes, al carrer del Pinar, en la qual ja havia estat anteriorment el seu oncle Miquel i el seu germà Marcel, que va fer la carrera de Matemàtiques. La idea de Lluís Santaló era estudiar Enginyeria de Camins, però aviat decideix estudiar també Matemàtiques. A la Facultat de Matemàtiques té professors que influiran decisivament en ell, principalment Julio Rey Pastor i Esteve Terradas. Dos grans intel·lectuals. Dos grans matemàtics. Ambdós han estat professors a l'Argentina i això influirà decisivament a la vida de Santaló.

Compaginant els estudis amb el servei militar obté la llicenciatura el 1934. Rey Pastor i Terradas li aconsellen anar a Hamburg, cap a on surt aquell mateix any 1934 amb una beca de la Junta. Per a això ha de renunciar al seu treball acabat de trobar com a professor d'Institut. Allí el rebrà un conegut de Rey Pastor, el geòmetra Wilhelm Blaschke.

M'impresiona pensar en aquell reduït grup d'estudiants de Blaschke, no més de 10, però entre ells, Santaló i Chern! En aquells moments, Blaschke comença a estudiar les probabilitats geomètriques encetant allò que ell mateix anomenaria *Geometria integral*. Recull els resultats en una sèrie d'articles numerats amb el títol comú d'*Integral geometrie*. El número 4 és de Santaló. El 1936 publica la seva tesi doctoral sobre aquest tema [S9] apadrinada per Pedro Pineda. Estant de vacances a Madrid, comença la Guerra Civil. Com en tants casos, unes perspectives llargament desitjades quedaven trencades per sempre.

Santaló retorna a Girona i d'allí és destinat a l'aviació, en l'exèrcit republicà, concretament a Los Alcázares, prop de Cartagena. De les notes que pren naixerà el seu primer llibre [S157] i un interès per l'aviació que es concreta en [S182], [S184] i [S192].

Ja amb el grau de capità, passa un altre període de la guerra a l'Escola d'Aviació Militar de Barcelona, dirigida per Josep Canudas. D'allí la seva unitat es retiraria, travessant Girona i Navata, cap a l'exili.

Segons explica Xavier Duran en el seu llibre [D], citant al propi Canudas, els Serveis d'Aeronàutica es varen crear amb un decret que, per una d'aquestes casualitats curioses de la vida, va signar el 1933 l'oncle de Santaló, Miquel Santaló, que era conseller en cap de la Generalitat. En començar, aquests serveis no tenien cap avió i posteriorment es va comprar una avioneta i es va encarregar a l'esmentat Josep Canudas la direcció de l'escola.

Miquel Santaló va ser cofundador d'Esquerra Republicana de Catalunya, alcalde de Girona, conseller de la Generalitat, ministre, diputat, vicepresident de les Corts, i no va tenir més remei que exiliar-se. Va morir a Mèxic. Per tant, no cal estranyar-nos que actualment hi hagi a Girona el carrer Miquel Santaló i el carrer Lluís Santaló.

Un cop a França, Santaló és ingressat al camp de concentració d'Argelers. Segons Xavier Duran [D] Santaló no recorda com va escapar d'aquest camp. Des de Cotlliure escriu a Rey Pastor i a Blaschke demanant ajuda. Sap per la seva família que no pot tornar a Girona.

Però malgrat l'acolliment de Blaschke, atesa la situació política a Alemanya, no sembla el més raonable tornar a Hamburg. Però el mateix Blaschke escriu a Élie Cartan, que invita immediatament Santaló a donar unes conferències a l'Institut Henri Poincaré de París. Un cop a París és detingut i és el mateix Cartan qui va a la presó a alliberar-lo. Les conferències es celebren el dies 25, 28 i 30 de març de 1939, al número 11 del carrer Pierre Curie. El tema és, òbviament, la geometria integral i les probabilitats geomètriques.

Amb tot això, també Rey Pastor havia contestat la seva carta, i li havia enviat diners per al passatge a Argentina. Però uns problemes amb el visat li impedièren marxar. Segons Duran [D] fou Terradas qui va intercedir amb un bisbe per tal que s'expedís el visat. Finalment s'embarcà a Bordeus.

## **Argentina**

El 12 d'octubre de 1939, Santaló arriba a Buenos Aires. Allà el va rebre, en representació de Rey Pastor, Manuel Balanzat, posteriorment coautor i bon amic de Santaló, [S161] i [S172].

Rey Pastor s'ocupa de tot i li obté una plaça a Rosario, província de Santa Fe. En aquell moment es crea l'Instituto de Matemáticas de la Universidad del Litoral, dirigit per Beppo Levi, vegeu [S206], i amb Santaló com a sotsdirector.

S'integra ràpidament en els cercles d'exiliats i emigrants, i arriba a ser secretari del Centre Català de Rosario. El 1945 es casa amb Hilda Rossi, persona que li donarà suport tota la vida, i es nacionalitza posteriorment argentí. El 1947 neix la seva primera filla, Maria Inés, Tessi.

Em ve ara a la memòria una de les meves primeres converses amb Santaló, en què li vaig preguntar, l'any 1985, quan ell feia un curs a la Universitat de Barcelona, sobre la possibilitat de tornar a Catalunya. Em va respondre que la seva vida estava a Argentina, els seus fills, nets..., però s'endevinava un sentiment d'enyorança a les seves paraules. Llavors em va demanar quin text de geometria projectiva recomanaria jo als meus estudiants. Li vaig respondre: «el Santaló», i suposo que va pensar que volia quedar bé amb ell, però era la veritat, i després de molts anys, encara penso el mateix.

Els anys 1948-1949 els passa, amb Hilda i Tessi, a Princeton, amb una beca de la Fundació Guggenheim. També imparteix un curs a Chicago, invitat per M. H. Stone, qui prèviament havia estat amb Santaló a l'Argentina. Com va constatar Claudi Alsina molts anys després, Santaló va deixar al seu pas per

Chicago un record inesborrable. A l'Institute for Advanced Studies de Princeton va coincidir amb Einstein.

De tornada a Argentina, el 1949, s'incorpora a la Universitat de La Plata, capital de la província de Buenos Aires. Neix la seva segona filla, Alicia. Dirigeix la seva primera tesi: *Propiedades infinitesimales de curvas y superficies en espacios de curvatura constante*; autora: Leticia Varela. Participa a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), fa classes a l'Escuela Superior Técnica del Ejército, investiga, viatja..., i manté sempre un ritme de treball intens, per no dir frenètic. Neix la seva tercera filla, Claudia.

El fet de ser membre de la CNEA li permet viatjar a París i de pas, apropar-se, per primer cop des de l'exili, a Girona. Devia ser cap a 1955, ja que va pertànyer a la CNEA en el període 1952-1957. Lamentablement no va poder tornar a veure la seva mare, que havia mort el 1947.

El 1957 és nomenat professor titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universitat de Buenos Aires.

Comencen els primers reconeixements públics a la seva trajectòria: Primer Premio Nacional de Cultura, 1954; Premio de la Sociedad Científica Argentina, 1959; ingrés a l'Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales, 1960.

A Buenos Aires es consolida la fama de Santaló com a gran docent. Dedicava molts esforços a pensar sobre l'ensenyament de la matemàtica. Uneix un coneixement profund del tema amb la capacitat d'explicar les coses de manera senzilla. Aconsegueix fer fàcil allò que és difícil. Té una cura especial envers els alumnes. Intenta modificar la manera tradicional d'explicar. «Inventa» els tutors, per relacionar l'ensenyament de la matemàtica amb aspectes de la personalitat de l'alumne, desitjos, vocació, formació, etc.

## Reconeixements més importants a Espanya

Aquest apartat hauria de començar amb aquelles paraules de «mai és tard quan arriba».

- Acadèmic corresponent de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, 1955.
- Acadèmic corresponent de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, 1970.
- Membre del Comitè Científic de la revista *Stochastica* de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Doctor *honoris causa* per la Universitat Politècnica de Catalunya, 14 de juliol de 1977. Presentat per Enric Trillas.
- Membre corresponent de l'Institut d'Estudis Catalans, 21 de desembre de 1977.
- Premi Príncip d'Astúries d'Investigació Científica, 1983.
- Medalla Narcís Monturiol a la Ciència i a la Tecnologia de la Generalitat de Catalunya, 1984.

- Doctor *honoris causa* per la Universitat Autònoma de Barcelona, 13 de juny de 1986. Presentat per Joan Girbau. L'acte té lloc a l'Ajuntament de Girona.
- Doctor *honoris causa* per la Universitat de Sevilla, 1990. Presentat per José Luis Vicente i promogut per Gonzalo Sánchez Vázquez, president de la Federació de Societats de Professors de Matemàtiques d'Espanya, amic personal de Santaló.
- Condecorat amb la Medalla de la Universitat de València, 23 de setembre de 1993. Recollida per la seva filla Tessi.
- Creu de Sant Jordi, de la Generalitat de Catalunya, 1994.
- Encomienda de Alfonso X concedida pel rei Joan Carles i entregada per l'ambaixador d'Espanya a Argentina. Aquesta medalla fou una proposta d'Enric Trillas, 1996.
- Soci d'honor de la Real Sociedad Matemática Española, 22 de gener de 1999.
- La Universitat de Girona crea el 27 de juliol de 2000 la Càtedra Santaló. Dirigida per Carles Barceló i Vidal. Ho fa públic el rector de la Universitat, Josep Maria Nadal, davant una de les filles de Santaló, el 21 de setembre de 2000 a la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (Argentina), amb motiu de la sessió commemorativa del 60 aniversari de l'Instituto de Matemática «Beppo Levi».
- Soci d'honor de la Societat Catalana de Matemàtiques, 19 de desembre de 2000.

## Geometria integral

Unes poques paraules per descriure el camp de la matemàtica que va captivar Santaló.

La geometria integral prové de les probabilitats geomètriques i té les arrels en el famós problema de l'agulla de Buffon, que apareix en *Essai d'arithmétique morale*, 1777, i en les fórmules de Crofton, d'aproximadament el 1868, en *On the theory of local probability*.

Simplificant una mica, el problema apareix quan en intentar escriure el quocient entre casos favorables i casos possibles ens trobem que hi ha infinites possibilitats, per exemple, infinites posicions de l'agulla de Buffon sobre el pla.

Aquestes posicions es poden parametritzar i identificar de nou com a punts del pla de manera que tenim tantes posicions com punts, i, què hi ha més natural que usar l'àrea per a mesurar, o «comptar», el nombre de punts?

Tal com diu Santaló a [S171]: «per aplicar la idea de probabilitat a elements donats a l'atzar que són objectes geomètrics (com punts, línies, geodèsiques, conjunts congruents, moviments o afinitats), és necessari primerament definir una mesura per a aquests conjunts d'elements».

Sembla que Santaló tingui al cap les paradoxes de Bertrand (quina és la probabilitat que una corda dibuixada a l'atzar sobre el cercle de radi 1 sigui més gran que  $\sqrt{3}$ ), les quals provenen d'utilitzar, de manera una mica amagada, diferents maneres de mesurar. Diferents maneres d'interpretar la paraula *atzar*. Poincaré fou el primer a aclarir explícitament aquest punt (H. Poincaré, *Calcul des probabilités*, Gauthier-Villars, 1912).

El geòmetra se sent atret per l'interès geomètric en si mateix de les preguntes que plantegen les probabilitats geomètriques, i aborda els problemes oblidant o prescindint de si darrere hi ha o no un concepte de probabilitat.

La discussió sobre quina mesura cal elegir està relacionada amb el grup que determina la geometria del problema en el sentit del programa d'Erlangen de Klein. Per això, als treballs de Santaló hi ha tants grups de Lie.

Diu Santaló que la base de la geometria integral està formada per quatre paraules: *probabilitats, mesura, grups i geometria*.

De fet, alguns dels resultats més importants de Santaló provenen de mesurar directament en el grup. Parlant de manera poc precisa, seria com identificar totes les posicions d'una figura al pla amb els moviments que porten una figura inicial fixada a cadascuna de les posicions. Les fórmules que apareixen llavors s'anomenen *fórmules cinemàtiques*, per a recollir aquesta idea de moviment, encara que el grup no sigui específicament el grup de moviments.

Santaló, encara a Hamburg, va obtenir en dimensió dos uns primers resultats que donarien lloc a l'anomenada *fórmula cinemàtica*.

A  $R^n$  la fórmula cinemàtica es deu a S. S. Chern (S. S. Chern; «On the kinematic formula in the Euclidean space of  $n$  dimensions», *Amer. J. Math*, 45, 1944, 744–752).

Per recordar la fórmula cinemàtica fonamental de Santaló per a espais no euclidiàns donarem l'expressió en dimensions 2 i 3 ja que la fórmula general és lleugerament diferent segons si la dimensió és parella o senar [S171] (observeu la bellesa de les fórmules següents):

Per a  $n = 2$ :

$$\int_{D_0 \cap D_1 \neq \emptyset} \chi(D_0 \cap D_1) dK_1 = -(\epsilon K) F_0 F_1 + 2\pi (F_1 \chi_0 + F_0 \chi_1) + L_0 L_1.$$

Per a  $n = 3$ :

$$\int_{D_0 \cap D_1 \neq \emptyset} \chi(D_0 \cap D_1) dK_1 = 8\pi^2 (V_1 \chi_0 + V_0 \chi_1) + 2\pi (F_0 M_1 + F_1 M_0),$$

on  $D_0$  i  $D_1$  són dominis amb frontera regular a l'espai no euclidià de curvatura  $\epsilon K$ ,  $\epsilon = 0, \pm 1$ ;  $L, F, V, M$  denoten longitud, àrea, volum i integral de la curvatura mitjana, respectivament, i  $\chi$  és la característica d'Euler.

Sorprenentment el cas  $n = 3$  és l'únic on la fórmula cinemàtica no depèn de la curvatura de l'espai.

M'agradaria remarcar també la fórmula de Santaló sobre la mesura de rectes hiperbòliques. A [S36] demostra

$$dG = \cosh p \, dp \, d\theta$$

on  $p$  és la distància de la geodèsica, o recta hiperbòlica, a un origen prefixat i  $\theta$  és l'angle que aquesta distància forma amb una direcció prefixada. La notació  $dG$  prové del *diferencial de geodèsiques*. És el que hem d'integrar per a obtenir la mesura de geodèsiques. Deixo com a exercici demostrar que l'expressió anterior és invariant per a isometries hiperbòliques. Per exemple, els càlculs anteriors en el model de Poincaré són bastant complicats, Santaló, però, no treballa en el model i la seva astúcia sempre li permet sortir-se'n ben parat sense gaire càlculs. Un dia va dir-me: «Deslliuri'm del matemàtic que no calcula». I és que per a tenir habilitat per a esquivar càlculs, primer cal haver calculat.

A partir d'aquí demostra que en el cas hiperbòlic tenim la fórmula següent, formalment igual al cas euclidià:

$$\int_{G \cdot C \neq \emptyset} \sigma dG = \pi F$$

on  $\sigma$  és la longitud d'una corda arbitrària d'un cos convex  $C$  d'àrea  $F$ , i la integral està estesa a les geodèsiques que tallen el convex.

Santaló va dirigir dotze tesis doctorals a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires: L. Varela (1952), A. Ayub (1955), R. Luccioni (1963), C. Conton (1973), R. Noriega (1976), G. Keilhauer (1980), G. Birman (1980), F. Gutiérrez (1985), V. Molter (1985), L. Gysin (1987), F. Affentranger (1988) i A. Berenice (1988), totes a l'àrea de geometria, i especialment de geometria integral.

## Influència a Espanya

Primer demano disculpes per les possibles omissions en aquest apartat d'autors espanyols. Agrairé puntualitzacions.

El primer que va seguir d'una manera més directa Santaló fou el professor E. Vidal Abascal, a Santiago de Compostella, a les dècades dels cinquanta i dels seixanta i en destaca el treball sobre la fórmula de Steiner en espais de curvatura constant [7]. També cal assenyalar [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17].

De fet, segons comenta A. M. Naveira, la relació entre Santaló i Vidal prové dels anys trenta, quan coincideix a Madrid amb el germà de Santaló, probablement Marcel, que els va presentar. El 1967, Santaló assisteix al II Coloquio Internacional de Geometría Diferencial de Santiago de Compostela, on dona la definició de curvatures totals absolutes que tanta importància varen tenir posteriorment en estereologia. El 1978 assisteix també a Santiago a l'homenatge a E. Vidal amb motiu de la seva jubilació, i imparteix la conferència inaugural del IV International Colloquium on Differential Geometry.

Tornant a la dècada dels cinquanta trobem l'aportació del professor J. Sancho de San Román, que treballa en temes de geometria integral abans de dedicar-se a l'àlgebra, [1], [2], [3], [4], [5], així com E. G. Rodeja [14].

Per fer-nos una idea, destaquem la fórmula de Vidal que generalitza la fórmula de Steiner:

$$L_\rho = 2\pi \frac{\text{sen}(\rho\sqrt{k})}{\sqrt{k}} - F\sqrt{k}\text{sen}(\rho\sqrt{k}) + L \cos(\rho\sqrt{k})$$

on  $L, F$  són, respectivament, la longitud i àrea d'una corba sobre una superfície de curvatura constant  $k$  i  $L_\rho$  és la longitud d'una altra corba a distància  $\rho$  de l'anterior.

També el professor A. M. Naveira, a la seva etapa a València, continua els problemes de geometria integral de Santaló i obté importants resultats.

Destaquem, per exemple [27], [28], [53], [54], [55], [56], o els resultats obtinguts amb A. Tarrío, professora de la Universitat de la Corunya, a [57], [58] i [59].

Per exemple, s'estudien les densitats de subespais lineals de  $C^n$ . S'obtenen fórmules del tipus

$$dP \wedge dP_1 \wedge \cdots \wedge dP_{2r} = \Delta^{n-r} dP(L_r) \wedge dP_1(L_r) \wedge \cdots \wedge dP_{2r}(L_r) \wedge dL_r$$

on  $P, P_1, \dots, P_{2r}$  són  $2r + 1$  punts del subespai holomorf  $L_r$ , que generalitzen fórmules de Blaschke en el cas de subespais holomorfs.

A la seva estela, tenim els treballs de S. Segura Gomis i M. A. Hernández Cifre sobre conjunts complets de desigualtats en els quals tanquen conjetures anteriors de Santaló, proposades a [106]. Vegeu, per exemple [48], [49], [50], [52] i la solució a les conjetures de [106] a [51].

Concretament, si tenim un cos convex de l'espai i anomenem  $V$  el volum,  $F$  l'àrea, i  $M$  la curvatura mitjana total, llavors es compleix

$$M^2 \geq 4\pi F, \quad F^2 \geq 3VM.$$

El problema que planteja Santaló a [106], i que anomenarem *sistemes complets de desigualtats*, consisteix a saber si presos tres nombres reals  $V, F, M$  que compleixen les desigualtats anteriors, existeix un cos convex que els té com a volum, àrea i curvatura mitjana total, respectivament. De fet, en aquest cas falta una altra desigualtat i el problema general segueix obert. A [106] Santaló estudia aquesta mena de problemes en el pla. En [51] Segura i Hernández demostren, per exemple, que

$$(4R^2 - d^2)d^4 \leq 4\omega^2 R^4$$

i donen un sistema complet de desigualtats que involucren  $d, \omega$  i  $R$  ( $d$  = diàmetre,  $\omega$  = amplitud,  $R$  = circumradi).

Encara a València destaquem l'aportació de Vicente Miquel, el qual, juntament amb A. Borisenko estudia la curvatura total de hipersuperfícies convexes a l'espai hiperbòlic, [33].

La relació amb els geomètres de Barcelona prové de la conferència que imparteix en el *First International Symposium on Statistics* el novembre de



1983, [147]. Em planteja en un tovalló la conjectura sobre els convexos hiperbòlics [26].

El fet que Santaló assistís a aquest Symposium a Barcelona, organitzat per E. Bonet, M. Martí i A. Prat, prové probablement de la bona relació que va tenir amb la Universitat Politècnica de Catalunya, on treballava Pere Pi i Calleja, matemàtic molt relacionat amb Rey Pastor, i de la iniciativa demostrada pels matemàtics E. Bonet i E. Trillas, també bons amics de Santaló. De fet, C. Alsina, E. Bonet i E. Trillas, juntament amb Miguel de Guzman, varen mantenir des dels anys setanta un contacte permanent amb Santaló.

El 1977 Santaló ja havia estat a Barcelona presidint el Comitè Científic, i com a conferenciant del Primer Congrés Internacional de Matemàtiques al Servei de l'Home.

L'octubre de 1984 es va inaugurar el Centre de Recerca Matemàtica (CRM) amb un curs de Santaló sobre geometria integral en el pla afí, realitzat a la Universitat de Barcelona, del qual distribueix unes notes [145].

Mentrestant, Eduard Gallego i l'autor d'aquest article tanquen la conjectura de Santaló i Yáñez, exposada a [126], sobre convexos hiperbòlics [26]. Vegeu també [25], [35], [34]. Actualment Gil Solanes ha obtingut també interessants resultats [36].

Destaquem, per exemple, que, en contrast amb la situació euclidiana, es demostra a [36] que el comportament asimptòtic del quocient (diàmetre/longitud) per convexos que tendeixen a omplir el pla hiperbòlic pren qualsevol valor de l'interval  $[0, 1/2]$  (en el cas euclidià està afitat inferiorment per  $1/\pi$ ).

El novembre de 1991 Santaló imparteix un curs a Girona invitat per J. M. Terricabras dintre de la Càtedra Ferraté Mora, de la Universitat de Girona. Entre d'altres, hi assistim F. Affentranger, L. M. Cruz-Orive, A. M. Naveira, E. Gallego, C. Alsina, E. Trillas, Ortiz i X. Gual. D'aquell moment procedeix la que seria una fructífera relació científica entre X. Gual i L. M. Cruz-Orive.

Fernando Affentranger és un alumne de Santaló d'origen hispano alemany, que passa un temps a Barcelona, i publica fins i tot a la revista de la Universitat Autònoma [30], encara que la seva carrera transcorre a Alemanya [20], [29], [30], [31]. Una anècdota curiosa és la següent: el primer article que va donar Santaló a Fernando fou el nostre [26], de manera que al seu primer viatge a Barcelona i estant a casa dels seus familiars, va preguntar com podria connectar amb matemàtics de Barcelona. Això era molt fàcil per als seus familiars, ja que un cosí seu que vivia a la casa del costat, en el mateix jardí, era matemàtic i li ho podria dir. Aquest cosí era jo; em varen venir a buscar i quina va ser la sorpresa de Fernando quan ens varen presentar!

En la línia més aplicada de l'estereologia destaca el professor L. M. Cruz-Orive i la seva escola de Berna. A Santander, i amb l'alumne d'A. M. Naveira, Ximo Gual Arnau, continua treballant intensament en aplicacions de la geometria integral. De X. Gual destaquem els articles [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], alguns d'ells conjuntament amb A. M. Naveira i A. Tarrío. Actualment X. Gual està a la Universitat Jaume I de Castelló. De L. M. Cruz-Orive destaquem [21], [22], [23], [24], [32].

Per a explicar una mica què és l'estereologia recorrem a Santaló mateix. Vegem que diu a [S171], pàg. 282, sobre estereologia: «Considerem partícules convexes distribuïdes a  $E_3$ . La determinació de la mesura de distribució d'aquestes partícules a partir de la mesura de distribució de llurs seccions amb figures aleatòries de forma coneguda (p.e., un cos convex, un cilindre, un pla, una banda, o una línia) és un dels problemes bàsics de l'anomenada *estereologia*, la qual és un camp intermedi que relaciona disciplines tan desbaratadament dispars com Biologia, Mineralogia, Metallúrgia i Geometria. Elias ha proposat la definició següent: L'estereologia tracta amb un conjunt de mètodes per a l'exploració de l'espai tridimensional quan només és possible conèixer seccions bidimensionals a través de cossos sòlids o les seves projeccions. Els principals mètodes de la estereologia estan fortament relacionats amb la Geometria Integral, com veurem en aquest capítol amb alguns exemples típics.»

Per acabar aquesta secció de relació amb matemàtics espanyols, recordem també el seu curs sobre geometria integral a la Universidad Complutense de Madrid el febrer de 1982.

## Bibliografia d'aquesta secció

1940-1969

### Referències

- [1] SANCHO DE SAN ROMÁN, J. «Twisted curves with constant affine width». *Collectanea Math.*, vol. 8 (1956), 85-98.
- [2] SANCHO DE SAN ROMÁN, J. «A new concept of affine breadth of oval bodies». *Rev. Acad. Ci. Madrid*, vol. 51 (1957), 229-244.
- [3] SANCHO DE SAN ROMÁN, J. «On an affine width of closed convex sets». *Coloquio Internacional de Geometría Diferencial*. Santiago de Compostela, 1963, 53-62.
- [4] SANCHO DE SAN ROMÁN, J. «Relatively invariant measures on homogeneous spaces and applications to integral geometry». *RAME*. València, 1964, 103-108.
- [5] SANCHO DE SAN ROMÁN, J. «On the existence of relatively invariant measures in a Klein space». *Acta. Ci. Compostelana*, vol. 4 (1967), 159-164.
- [6] VIDAL ABASCAL, E. «Extensión del concepto de curvas paralelas sobre una superficie. Longitud y área de una curva así deducida de otra dada». *Rev. Mat. Hispanoamericana*, vol. VII, núm. 6 (1947).
- [7] VIDAL ABASCAL, E. «A generalization of Steiner's formula». *Bulletin of the Amer. Math. Soc.*, vol. 53 (1947), 841-844.
- [8] VIDAL ABASCAL, E. «Área engendrada sobre una superficie por un arco de geodésica cuando uno de sus extremos recorre una curva fija y

- longitud de la curva descrita por el otro extremo». *Rev. Mat. Hispanoamericana*, vol. VIII (1947).
- [9] VIDAL ABASCAL, E. «Extensión del concepto de curvas paralelas sobre una superficie. Longitud y área correspondientes a la curva así deducida de otra». *Rev. Mat. Hispanoamericana*, vol. VII (1947).
- [10] VIDAL ABASCAL, E. «Sobre fórmulas de Steiner para el área de una elipse». *Rev. de Geofísica*, [Madrid], núm. 2 (1947), 425–431.
- [11] VIDAL ABASCAL, E. «Curvas paralelas sobre superficies de curvatura constante». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. VIII (1948), 135–138.
- [12] VIDAL ABASCAL, E. «Geometría Integral sobre superficies curvas». *Pub. Observatorio de Santiago*. Premio Alfonso El Sabio del CSIC. 1948.
- [13] VIDAL ABASCAL, E. «Geometría integral sobre las superficies curvas». *Publ. Observatorio de Santiago*, núm. VII, [Santiago de Compostela], (1950).
- [14] Vidal Abascal, E.; Rodeja, E. G. «Nota sobre curvas en superficies de curvatura constante». *Collectanea Math.*, núm. v (1952).
- [15] VIDAL ABASCAL, E. «Sobre fundamentos de la geometría integral». *Mem. Real Acad. Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 1953.
- [16] VIDAL ABASCAL, E. «A generalization of integral invariants». *Proceedings A. M. S.*, vol. 10 (1959), 721–727.
- [17] VIDAL ABASCAL, E. «Generalización de los invariantes integrales y aplicación a la geometría integral en los espacios de Klein y de Riemann». *Collectanea Math.*, vol. XII (1960), 71–102.

## 1970–1989

- [18] AFFENTRANGER, F. «Pairs of nonintersecting random flats». *Prob. Theory Related Fields*, vol. 79 (1988), 47–49.
- [19] AFFENTRANGER, F. «Generalization of a formula of C. Buchta about the convex hull of random points». *Elem. Math.*, vol. 43 (1988), 39–45.
- [20] AFFENTRANGER, F. «Random circles in the  $d$ -dimensional unit ball». *J. Appl. Probab.*, vol. 26 (1989), 408–412.
- [21] CRUZ-ORIVE, L. M. «Distortion of certain Voronoi tessellations when one particle moves». *J. Appl. Probab.*, vol. 16 (1979), 95–103.
- [22] CRUZ-ORIVE, L. M. «Best linear unbiased estimators for stereology». *Biometrics*, vol. 36 (1980), 595–605.
- [23] CRUZ-ORIVE, L. M. «Estimating volumes from systematic hyperplane sections». *J. Appl. Probab.*, vol. 22 (1985), 518–530.
- [24] CRUZ-ORIVE, L. M. «Precision of systematic sampling on step functions, Geobild'89». *Math. Res.*, [Berlín: Akademie-Verlag], vol. 51 (1989).
- [25] GALLEGO, E. *Solución a la conjetura de Santaló sobre convexos en el plano hiperbólico*. Publicacions Dep. Mat. UAB. Juliol 1984. Tesina.

- [26] GALLEGO, E.; REVENTÓS, A. «Asymptotic behavior of convex sets in the hyperbolic plane». *Journal of Differential Geometry*, vol. 21 (1985), 63-72.
- [27] NAVEIRA, A. M.; SEGURA, S. «The isoperimetric inequality and the geodesic spheres. Some geometrical consequences». *Differential geometry, Peñiscola 1985. Lecture Notes in Math.* [Berlin: Springer], vol. 1209 (1986), 235-242.
- [28] NAVEIRA, A. M.; SEGURA, S. «Some remarks about the isoperimetric problem». *Differential geometry and its applications. Dubrovnik, 1988*. [Novi Sad: Univ. Novi Sad], (1989), 243-252.

## 1990-2002

- [29] AFFENTRANGER, F. «Random spheres in a convex body». *Arch. Math. Basel*, vol. 55 (1990), 74-81.
- [30] AFFENTRANGER, F. «Random approximation of convex bodies». *Pub. Mat. UAB.*, vol. 36 (1992), 85-109.
- [31] AFFENTRANGER, F.; SCHNEIDER, R. «Random projections of regular simplices». *Discret Comput. Geometry*, vol. 7 (1992), 219-226.
- [32] BADDLEY, A. J.; CRUZ-ORIVE, L. M. «The Rao-Blackwell theorem in stereology and some counterexamples». *Adv. in Appl. Probab.*, vol. 27 (1995), 2-19.
- [33] BORISENKO, A. A.; MIQUEL, V. «Total curvatures of convex hypersurfaces in hyperbolic space». *Illinois J. Math.*, vol. 43 (1999), 61-78.
- [34] BORISENKO, A.; GALLEGO, E.; REVENTÓS, A. «Relation between area and volume for  $\lambda$ -convex sets in Hadamard manifolds». *Differential Geometry and its Applications*, vol. 14 (2001), 267-280.
- [35] GALLEGO, E.; REVENTÓS, A. «Asymptotic behavior of  $\lambda$ -convex sets in the hyperbolic plane». *Geometria Dedicata*, vol. 76 (1999), 275-289.
- [36] GALLEGO, E.; SOLANES, G. «Perimeter, Diameter and Area of Convex Sets in the Hyperbolic Plane». *J. London Math. Soc.*, vol. 64 (2001), 161-178.
- [37] GUAL ARNAU, X.; NAVEIRA, A. M. «The volume of geodesic balls and tubes about totally geodesic submanifolds in  $S^n(1) \times S^m(1)$ ». *Proceedings of 23 Conference on Geometry and Topology, Cluj-Napoca, 1994*, 71-79.
- [38] GUAL ARNAU, X.; NAVEIRA, A. M. «Total curvatures of compact complex submanifolds in  $CP^n$ ». *Ann. Global Anal. Geom.*, vol. 13 (1995), 9-18.
- [39] GUAL ARNAU, X.; CRUZ-ORIVE, L. M. «Consistency in systematic sampling». *Adv. in Appl. Probab.*, vol. 28 (1996) 982-992.
- [40] GUAL ARNAU, X. «Stereological implications of the geometry of cones». *Biometrical*, vol. 39 (1997), 627-635.
- [41] GUAL ARNAU, X. «On the definition of total absolute curvatures in integral geometry». *Acta Math. Hungar.*, vol. 76 (1997), 249-256.

- [42] GUAL ARNAU, X.; NAVEIRA, A. M. «The volume of geodesic balls and tubes about totally geodesic submanifolds in compact symmetric spaces». *Differential Geom. Appl.*, vol. 7 (1997), 101-113.
- [43] GUAL ARNAU, X.; NAVEIRA, A. M.; TARRÍO, A. «An introduction to integral geometry in the  $n$ -dimensional quaternionic space». *Ge. Math.*, vol. 5 (1997), 175-181.
- [44] GUAL ARNAU, X.; CRUZ-ORIVE, L. M. «Variance prediction under systematic sampling with geometric probes». *Adv. in Appl. Probab.*, vol. 30 (1998), 889-903.
- [45] GUAL ARNAU, X.; NAVEIRA, A. M. «Volume of tubes in noncompact symmetric spaces». *Publ. Math. Debrecen*, vol. 54 (1999), 313-320.
- [46] GUAL, X.; CRUZ-ORIVE, L. M. «Systematic sampling on the circle and on the sphere». *Adv. in Appl. Probab.*, vol. 32 (2000), 628-647.
- [47] GUAL, X.; NAVEIRA, A. M.; TARRÍO, A. «Integral geometry in euclidean and quaternionic spaces». *Bull. Math. Soc. Sci. Math. Roumanie*, vol. 43 (2000), 267-277.
- [48] HERNÁNDEZ CIFRE, M. A.; SEGURA GOMIS, S. «Some inequalities for planar convex sets containing one lattice point». *Bull. Australian Math. Soc.*, vol. 58 (1998), 159-166.
- [49] HERNÁNDEZ CIFRE, M. A.; SEGURA GOMIS, S. «Some area-diameter inequalities for two-dimensional lattices». *Geom. Dedicata*, vol. 72 (1998), 325-330.
- [50] HERNÁNDEZ CIFRE, M. A.; SCOTT, P. R. «An isodiametric problem with lattice point constraints». *Bull. Australian Math. Soc.*, vol. 57 (1998), 289-294.
- [51] HERNÁNDEZ CIFRE, M. A.; SEGURA GOMIS, S. «The missing boundaries of the Santaló diagrams for the cases  $(d, \omega, R)$  and  $(\omega, R, r)$ ». *Discrete Comput. Geom.*, núm. 23 (2000), 381-388.
- [52] HERNÁNDEZ CIFRE, M. A. «Is there a planar convex set with given width, diameter, and inradius?». *Amer. Math. Monthly*, vol. 107 (2000), 893-900.
- [53] NAVEIRA, A. M.; SEGURA, S. «Some isoperimetric inequalities for the space forms». *Rev. Roumaine Math. Pures Appl.*, núm. 35 (1990), 249-259.
- [54] NAVEIRA, A. M.; GARCÍA, F. J. «Some results of integral geometry for density of linear subspaces of  $C^n$ ». *Rend. Mat. Appl.*, vol. 12, 1993, 921-935.
- [55] NAVEIRA, A. M. «On the total (nonabsolute) curvature of an even-dimensional submanifold  $X^n$  immersed in  $R^{n+2}$ ». *Rev. Mat. Univ. Complutense de Madrid*, vol. 7 (1994), 279-287.
- [56] NAVEIRA, A. M. «Some remarks about integral geometry in the complex space  $C^n$ ». *Rend. Mat. Appl.*, vol. 7 (1994), 331-346.

- [57] NAVEIRA, A. M.; TARRÍO, A. «Some results about integral geometry in 3 and 4 dimensional spaces». *An. Stiint. Univ. Ovidius Constanța Ser. Mat.*, vol. 3 (1995), 71–81.
- [58] NAVEIRA, A. M.; TARRÍO, A. «Two problems on  $h$ -convex sets in the hyperbolic space». *Arch. Math.*, vol. 68 (1997), 514–519.
- [59] NAVEIRA, A. M.; TARRÍO, A. «Some properties of integral geometry of generalized flag manifolds». *Rend. Circ. Mat. Palermo*, vol. 65 (2000), 233–246.

### Algunes citacions

He escollit paràgrafs escrits directament per Santaló que donen una idea de la persona més enllà de la seva faceta com a matemàtic.

- *Honoris causa* UPC: «És el primer cop que en un acte acadèmic puc expressar-me en la llengua en que el meu enteniment va aprendre a conèixer les coses, a nomenar-les, i el meu esperit a manifestar els seus sentiments i emocions, la llengua en que, de petit, la meva mare m'explicava contes i cantava al peu del bressol.»
- *Honoris causa* UAB: «A vegades, es té por que amb el predomini necessari a l'educació de l'aspecte científicotecnològic, sobre la base del raonament matemàtic, l'home vagi perdent les seves facultats afectives i es torni d'un temperament fred i rígid, refractari als sentiments afectius i a les passions. Res d'això. El fet de tenir el pensament preparat per al clar raonament lògic i matemàtic no vol dir que sigui en detriment dels sentiments. Es pot pensar i creure, i es pot raonar i estimar.»
- Xavier Duran a [D], cita les següents paraules de Santaló a propòsit de no desaprofitar els estudiants amb talent: «Crec que és una de les principals obligacions del mestre. Quan es veu algú que és intel·ligent, que té capacitat, se l'ha d'ajudar de ple per tal que pugui arribar al màxim de les seves possibilitats. El pitjor és que algú que podria fer molt no ho faci perquè no ha trobat el mestre adient o 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.»
- A [174] parlant de matemàtica i art: «Molta matemàtica és art, en tant que creació, i fins i tot en tant que té bellesa, malgrat que aquesta bellesa només la puguin admirar els iniciats, com també passa amb les obres d'art i la literatura.»
- A [174] parlant de matemàtica i filosofia: «Si per ciència s'entén un conjunt sistematitzat de coneixements, que constitueixen una rama del saber humà, la matemàtica és la ciència per excel·lència.»
- A [169] sobre l'ensenyament: «S'ensenyava pel bé, per la veritat i per conèixer i comprendre l'univers.»

- *Honoris causa* UPC: Més sobre l'art: «la matemàtica és art, com és creació i se serveix de la fantasia; és ciència, perquè a través d'ella s'aconsegueix un coneixement millor 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.»

Hem citat diverses vegades el llibre de Santaló [174], ja que és un llibre excel·lent i recomanem a tots la seva lectura. Per exemple S. Xambó ha dit que «per a qualsevol matemàtic llegir-lo és una delícia». Però també no matemàtics, com l'exrector de la Universitat de Girona, Josep Maria Nadal, em comentava que li agradava seure vora el mar amb aquest llibre de Santaló per meditar.

Acabem amb les paraules que li va dedicar el professor J. Etayo, de la Universitat Complutense, que trobo molt encertades: «Produeix alegría comprobar com uns valors cultivats en la senzillesa i l'absència d'aparatositat acaben sent descoberts pels altres i són posats de relleu amb tota justícia».

## Referències

- [S1] «Área engendrada por un segmento que se mueve conservándose normal a una línea y describiendo una superficie desarrollable», *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. 9 (1934), 101-107.
- [S2] «Unos problemas de combinatoria». *Matemática Elemental*, vol. III (1934), 21-22.
- [S3] «Superficies desarrollables que pasan por una línea». *Las Ciencias*, vol. I (1934).
- [S4] «Algunas propiedades de las curvas esféricas y una característica de la esfera». *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. X (1935), 1-4.
- [S5] «Una fórmula integral para las figuras convexas en el plano y en el espacio», *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. XI, 1936, 209-216.
- [S6] «Unos problemas referentes a probabilidades geométricas». *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. XI (1936), 87-97.
- [S7] «Geometría Integral 4: Sobre la medida cinemática en el plano». *Hamburg Abhandlungen*, vol. XI (1936), 222-236.
- [S8] «Integral geometrie 5: Ueber das kinematische Mass im Raum». *Actualités Hermann* [París], núm. 357 (1936).
- [S9] «Integral geometrie 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.
- [S10] «Curvas sobre una superficie que cumplen la condición  $dsf(k,t)ds=0$ », *Revista Matemática Hispanoamericana*, vol. 12 (1937), 3-12.
- [S11] «Integral geometrie 15: Fórmula fundamental de la medida cinemática para cilindros y planos paralelos móviles». *Hamburg Abhandlungen*, vol. 12 (1937), 38-41.

- [S12] «Geometría Integral de figuras ilimitadas». *Publicaciones del Instituto de Matemáticas* [Rosario], vol. 1 (1939), 5-58.
- [S13] «Una demostración de la propiedad isoperimétrica del círculo». *Publicaciones del Instituto de Matemáticas* [Rosario], vol. 2 (1940), 37-46.
- [S14] «Geometria Integral 31: Sobre valores medios y probabilidades geométricas». *Hamburg Abhandlungen*, vol. 13 (1940), 284-294.
- [S15] «Géométrie Intégral 32: Quelques formules integrales dans le plan et dans l'espace». *Hamburg Abhandlungen*, vol. 13 (1940), 344-356.
- [S16] «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), 32-37.
- [S17] «Generalización de un problema de probabilidades geométricas». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 7 (1940), 129-132.
- [S18] «Un esquema de valores medios en la teoría de probabilidades geométricas». *Revista de Ciencias* [Lima], vol. 42 (1940), 146-154.
- [S19] «Sur quelques problèmes de probabilités géométriques». *Tohoku Mathematical Journal*, vol. 47 (1940), 159-171.
- [S20] «Un teorema sobre conjuntos de paralelepípedos de aristas paralelas». *Publicación del Instituto de Matemática* [Rosario], vol. 2 (1940), 49-60.
- [S21] «Verallgemeinerung eines Satz von T.Kubota ueber Eilinien». *Tohoku Mathematical Journal*, vol. 48 (1941), 64-67.
- [S22] «Algunas propiedades infinitesimales de las curvas planas». *Math. Notae*, vol. 1 (1941), 129-144.
- [S23] «A theorem and an inequality referring to rectifiable curves». *American Journal of Mathematics*, vol. 63 (1941), 635-644.
- [S24] «Curvas extremales de la torsión y curvas D». *Publ. del Inst. de Mat.* [Rosario], vol. 3 (1941), 133-156.
- [S25] «Quelques propriétés des courbes gauches dans la géométrie différential affine». *Portugaliae Matematica*, vol. 3 (1942), 63-68.
- [S26] «Complemento a la nota "Un teorema sobre conjuntos de paralelepípedos de aristas paralelas"». *Publ. del Inst. de Mat.* [Rosario], vol. 3 (1942), 203-210.
- [S27] «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.
- [S28] «Algunos valores medios y desigualdades referentes a curvas situadas sobre la superficie esférica». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 8 (1942), 113-125.
- [S29] «Sobre el concepto de curvatura de superficies», *Math. Notae*, vol. 2, 1942, 165-184.



- [S30] «Integral Formulas in Crofton's Style on the Sphere and some Inequalities Referring to Spherical curves». *Duke Math. Journal*, vol. 9 (1942), 707-722.
- [S31] «Algunas desigualdades entre los elementos de un triángulo». *Math. Notae*, vol. 3 (1943), 65-73.
- [S32] «Sobre la cónica oscultriz en un punto ordinario de una curva plana». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 9 (1943), 53-60.
- [S33] «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.
- [S34] «Una propiedad característica del círculo». *Math. Notae*, vol. 3 (1943), 142-147.
- [S35] «Sobre la distribución probable de corpúsculos en un cuerpo deducida de la distribución en sus secciones y problemas análogos». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 9 (1943), 145-164.
- [S36] Integral Geometry on Surfaces of Constant Negative Curvature. *Duke Math. Journal*, vol. 10 (1943), 687-704.
- [S37] «Superficies cuyas curvas  $D$  son geodésicas o trayectorias isogonales de las líneas de curvatura». *Publicaciones del Inst. Mat. [Rosario]*, vol. 5 (1943), 255-267.
- [S38] «Propiedades de las figuras convexas sobre la esfera». *Math. Notae*, vol. 4 (1944), 11-40.
- [S39] «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. 50 (1944), 112-121.
- [S40] «Note on Convex Spherical Curves». *Bulletin of the A.M.S.*, vol. 50 (1944), 528-534.
- [S41] «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.
- [S42] «Un teorema sobre representación conforme». *Math. Notae*, vol. 5 (1945), 29-40.
- [S43] «Valor medio del número de regiones en que un cuerpo del espacio es dividido por  $n$  planos arbitrarios». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 10 (1945), 101-108.
- [S44] «Sobre el círculo de radio máximo contenido en un recinto». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 10 (1945), 155-162.
- [S45] «Note on convex Curves on the Hyperbolic Plane». *Bulletin of the A. M. S.*, vol. 51 (1945), 405-412.
- [S46] «Complemento a la nota "Sobre un problema diofántico"». *Math. Notae*, vol. 5 (1945), 162-171.

- [S47] «Algunas propiedades de las curvas alabeadas en la geometría diferencial proyectiva». *Actas de la Academia de Ciencias de Lima*, vol. 8 (1945), 203–216.
- [S48] «Sobre un complejo lineal ligado a una curva cerrada del espacio». *Math. Notae*, vol. 6 (1946), 45–56.
- [S49] «Convex Regions on the  $n$ -dimensional Spherical Surface». *Annals of Mathematics*, vol. 47 (1946), 448–459.
- [S50] «A Geometrical Characterization for the Affine Differential Invariants of a Space Curve». *Bulletin of the A. M. S.*, vol. 52 (1946), 625–632.
- [S51] «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.
- [S52] «Una fórmula integral referente a figuras convexas». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 7 (1942), 165–169.
- [S53] «Unas fórmulas integrales referentes a cuerpos convexas». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 12 (1946), 78–87.
- [S54] «Sobre los cuerpos convexas de anchura constante». *Portugaliae Mathematica*, vol. 5 (1946), 195–201.
- [S55] «Estudios numerativos sobre las variedades de contacto de las superficies en un espacio de  $n$  dimensiones». (con B. Levi y De María) *Publ. del Inst. de Mat. [Rosario]*, vol. 8 (1946), 221–239.
- [S56] «Sobre figuras planas hiperconvexas». *Summa Brasiliensis Mathematicae*, vol. 1 (1946), 221–239.
- [S57] «On the First Two Moments of the Measure of a Random Set». *Annals of Mathematics Statistics*, vol. 18 (1947), 37–49.
- [S58] «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), 37–49.
- [S59] «Affine Invariants of Certain Pairs of Curves and Surfaces». *Duke Math. Journal*, vol. 14 (1947), 559–574.
- [S60] «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.
- [S61] «Curvas  $D$  sobre conos». *Math. Notae*, vol. 7 (1947), 179–190.
- [S62] «Sobre la distribución de planos en el espacio». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 13 (1948), 120–124.
- [S63] «Beweis eines Satzes von Bottema ueber Eilinien». *Tohoku Math. Journal*, vol. 4 (1941), 221–224.
- [S64] «Integral Geometry on Surfaces». *Duke Math. Journal*, vol. 16 (1949), 361–375.
- [S65] «Un invariante afín para las curvas convexas del plano». *Math. Notae*, vol. 8 (1949), 103–111.

- [S66] «Un invariante afín para los cuerpos convexos del espacio de  $n$  dimensiones». *Portugaliae Mathematica*, vol. 8 (1949), 155-161.
- [S67] «Integral Geometry on Projective and Affine Spaces». *Annals of Math.*, vol. 51 (1950), 739-755.
- [S68] «Geometría integral en los espacios tridimensionales de curvatura constante». *Math. Notae*, vol. 9 (1950), 1-28.
- [S69] «On Parallel Hypersurfaces in the Elliptic and Hyperbolic  $n$ -Dimensional Space». *Proceedings de la A. M. S.*, vol. 1 (1950), 325-330.
- [S70] «Una 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).
- [S71] «Una desigualdades entre los elementos de un tetraedro en geometría no euclidiana». *Math. Notae*, vol. 9 (1950), 113-117.
- [S72] «Sobre unas fórmulas integrales y valores medios referentes a figuras convexas móviles en el plano». *Publ. de la Fac. de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires*, vol. 1 (1950), 25-45.
- [S73] «Observaciones sobre superficies y poliedrales inscriptas». *Las Ciencias* [Madrid], vol. 15 (1950).
- [S74] «Integral Geometry in General Spaces». *Proceedings of the International Congress of Mathematicians* [Cambridge], vol. 1 (1950), 483-489.
- [S75] «Generalización de una desigualdad de H.Hornich a espacios de curvatura constante». *Revista de la Unión Matemática Argentina*, vol. 15 (1951), 62-66.
- [S76] «La probabilidad en las construcciones geométricas». *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, vol. 152 (1951), 203-229.
- [S77] «On Permanent Vector Varieties in  $n$ -Dimensions». *Portugaliae Math.*, vol. 10 (1951), 125-127.
- [S78] «Problemas de Geometría Integral». *Symposium sobre algunos problemas matemáticos que se están estudiando en América Latina* [Punta del Este, Uruguay], vol. ?, 1951, 23-40.
- [S79] «Integral Geometry in Hermitian Spaces». *American Journal of Math.*, vol. 74 (1952), 423-434.
- [S80] «Dos propiedades de los círculos sobre la superficie esférica». *Math. Notae*, vol. 11 (1952), 73-78.
- [S81] «Geometría Integral en espacios de curvatura constante». *Publicaciones de la Comisión Nac. de Energía Atómica, Serie Matemática*, vol. 1 (1952), 1-68.
- [S82] «Algunos valores medios sobre la semiesfera». *Math. Notae*, vol. 12 (1952), 32-37.
- [S83] «Measure of sets of geodesics in a Riemannian Space and Applications to Integral formulas in elliptic and Hyperbolic Spaces». *Summa Brasiliensis Mathematicae*, vol. 3 (1952), 1-11.

- [S84] «On the Kinematic Formula in Spaces of Constant Curvature». *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*. Amsterdam, 1954.
- [S85] «Una generalización del teorema de los cuatro vértices». *Math. Notae*, vol. 11 (1954), 69-78.
- [S86] «Sobre unos tensores análogos al de curvatura en espacios de conexión afín no simétrica». *Revista de Matemáticas y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 10 (1954). 19-26.
- [S87] «Sobre el teorema de Holditch y análogos en geometría no euclidiana». *Math. Notae*, vol. 14 (1954), 32-49.
- [S88] «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.
- [S89] «On Geometry of Numbers». *Japanese Journal of Math.*, vol. 7 (1955), 208-213.
- [S90] «Cuestiones de geometría diferencial e integral en espacios de curvatura constante». *Rendiconti del Seminario Mat. di Torino*, vol. 14 (1955), 277-295.
- [S91] «Sur la mesure des espaces linéaires qui coupent un corps convexe et problèmes qui s'y rattachent». *Coloquio sobre cuestiones de realidad*. Liège, 1955, 177-190.
- [S92] «Sobre las cuerdas de una curva convexa». *Revista de la Unión Mat. Argentina*, vol. 17 (1955), 217-222.
- [S93] «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.
- [S94] «Curvas sobre una superficie extremales de una función de la curvatura y de la torsión». *Abhandlungen der Hamburgische Universität*, vol. 20 (1956), 216-222.
- [S95] «Sobre la unicidad de los operadores vectoriales». *Math. Notae*, vol. 14 (1956), 120-132.
- [S96] «On the Mean Curvatures of a Flattened Convex Body». *Revue du Fac. des Sciences*, [Université Istanbul], vol. 21 (1956), 189-194.
- [S97] «Unas propiedades de la representación conforme local de una superficie sobre otra». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 18 (1957), 45-52.
- [S98] «Geometría diferencial afín y cuerpos convexos». *Math. Notae*, vol. 16 (1957), 20-42.
- [S99] «Unas desigualdades referentes a figuras convexas del plano y del espacio». *Actas de la reunión de la Unión Mat. Arg.* Bahía Blanca, 1957.
- [S100] «Un nuevo invariante afín para las figuras convexas del plano y del espacio». *Math. Notae*, vol. 16 (1958), 78-91.

- [S101] «Sobre las ecuaciones del campo unificado de Einstein». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 12 (1959), 31-55.
- [S102] «Two Applications of the Integral Geometry in Affine and Projective Spaces». *Publ. Math. Debrecen*, vol. 7 (1960), 226-237.
- [S103] «Sobre las teorías del campo unificado». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 19 (1960), 195-206.
- [S104] «Una fórmula de Steiner para superficies paralelas en geometría afín». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 13 (1960), 194-208.
- [S105] «Sobre la fórmula de Gauss-Bonnet para poliedros en espacios de curvatura constante», *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 20 (1960), 79-91.
- [S106] «Sobre los sistemas completos de desigualdades entre los elementos de una figura convexa plana». *Math. Notae*, vol. 17 (1961), 82-104.
- [S107] «On the Measure of sets of Parallel Linear Spaces in affine Space». *Canadian Journal of Math.*, vol. 14 (1962), 313-319.
- [S108] «Sobre unas propiedades características de la esfera». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 14 (1962), 287-297.
- [S109] «Sobre la fórmula fundamental cinemática de la geometría integral en espacios de curvatura constante». *Math. Notae*, vol. 18 (1963), 79-94.
- [S110] «Una relación entre las curvaturas medias de cuerpos convexos paralelos en espacios de curvatura constante». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 21 (1963), 121-137.
- [S111] «Integral Geometry of the Projective Groups on the plane depending on more than 3 parameters». *Ann. Scient. University of Iasi*, vol. 11 (1965), 307-335.
- [S112] «On Einstein's Unified Field Theory». *Perspectives in Geometry and Relativity*. Indiana University Press, 1966, 343-352.
- [S113] «Valores medios para polígonos formados por rectas al azar». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 16 (1966), 29-44.
- [S114] «Sobre el recíproco de un teorema de Jacobi referente a curvas del espacio». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 17 (1967), 83-89.
- [S115] «Horocycles and Convex Sets in the Hyperbolic Plane». *Archiv. Math.*, vol. 28 (1967), 83-89.
- [S116] «Grupos del plano respecto de los cuales los conjuntos de puntos y de rectas admiten una medida invariante». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 23 (1967), 119-148.
- [S117] «Integral Geometry», *Studies in Global Analysis and Geometry*, Editado por S. S. Chern, The Mathematical Association of America, Prentice Hall, 1967, 147-193.

- [S118] «Spaces with two affine connections». *Bull. Calcuta Math. Soc.*, vol. 59 (1967), 3-8.
- [S119] «Horospheres and Convex Bodies in Hyperbolic Space». *Proc. Amer. Math. Society*, vol. 19 (1968), 390-395.
- [S120] «Curvaturas absolutas totales de variedades contenidas en un espacio euclidiano». *Acta Científica Compostelana*, vol. 5 (1968), 140-158.
- [S121] «On some Geometric Inequalities in the Style of Fary». *Amer. J. Math.*, vol. 91 (1969), 25-41.
- [S122] «Convexidad en el plano hiperbólico». *Revista de Mat. y Física Teórica de la Universidad de Tucumán*, vol. 19 (1969), 174-183.
- [S123] «Algunos problemas de geometría diferencial». *Notas Científicas Serie A, Matemáticas* [Lima], vol. 7 (1969), 27-47.
- [S124] «Mean values and curvatures». *Izv. Akad. Nauk. Armejan, SSR, Ser. Math.*, vol. 5 (1970), 286-295.
- [S125] «Probabilidades sobre cuerpos y cilindros convexos». *Rev. Unión Mat. Argentina*, vol. 25 (1970), 286-295.
- [S126] «Averages for Polygons Formed by Random Lines in Euclidean and Hyperbolic Planes». *Journal of Applied Probability*, amb Y. Yáñez, vol. 9 (1972), 140-157.
- [S127] «Sobre algunas teorías asimétricas del campo unificado». *Rev. Acad. Ciencias de Madrid*, vol. 6 (1972), 395-425.
- [S128] «Unified Field Theories of Einstein Type deduced from a Variational Principle: Conservation Laws». *Tensor*, vol. 25 (1972), 383-389.
- [S129] «Total curvatures of Compact Manifolds Immersed in Euclidean Space». *Symposia Math.* [Inst. Naz. di Alta Matematica, Roma: Academic Press], vol. 14 (1974), 363-390.
- [S130] «Curvas y cuaterniones». *Rev. Unión Matemática Argentina*, vol. 27 (1974), 41-52.
- [S131] «Sobre las geodésicas del universo de Godel-Synge». *Homenaje a Lora Tamayo*. Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid, 1975, 51-69.
- [S132] «The Kinematic Formula in Integral Geometry for Cilinders». *Annali di Matematica*, vol. 103 (1975), 71-79.
- [S133] «Plane and Line Segment Processes». *J. Appl. Prob.*, amb N. Fava, vol. 15 (1978), 494-581.
- [S134] «Random processes of Linear Segments and Graphs». *Lecture Notes on Biomathematics* [Springer], vol. 23 (1978), 279-294.
- [S135] «Conjuntos de segmentos sobre superficies». *Math. Notae*, vol. 26 (1978), 63-72.
- [S136] «Random Processes on manifolds in  $R^n$ ». *Zeitsch. Wahrscheinlichkeitstheorie*, amb N. Fava, vol. 50 (1979), 85-91.

- [S137] «Integral Geometry, History and Perspectives». *Proc. IV Int. Congress on Diff. Geom.* Santiago de Compostela, 1979, 1–48.
- [S138] «Random Lines and Tessellations in a Plane». *Stochastica*, vol. IV (1980), 3–13.
- [S139] «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.
- [S140] «Cauchy and Kubota Formulas for Convex Bodies in Elliptic  $n$ -Space». *Rend. Sem. Mat. Univ. Torino*, vol. 38 (1980), 51–58.
- [S141] «Notes on the Integral Geometry in the Hyperbolic Plane». *Portugaliae Math.*, vol. 39 (1980), 239–249.
- [S142] «Segmentos al azar en  $E_n$ ». *Revista de Mat. y Física Teórica Univ. Tucumán*, vol. 26 (1981), 229–238.
- [S143] «Geodesics in Godel-Synge Space». *Tensor* (1982), 173–178.
- [S144] «An Inequality between the parts into which a Convex Body is divided by a Plane Section». *Rend. Circ. Mat. Palermo*, vol. 32 (1983), 124–130.
- [S145] «Geometría integral del plano afín». *Publicación CRM*, núm. 2 (1984).
- [S146] «Mixed Random Mosaics». *Math. Nachrichten*, vol. 117 (1984), 124–130.
- [S147] «Algunos problemas actuales de la geometría estocástica». Notas del First International Symposium de Barcelona, 1983.
- [S148] «On some Invariants under Similitudes for Convex Bodies». *Discrete Geometry and Convexity*, Nova York Acad. Sciences, 1985, 128–131.
- [S149] «Un problema simple de decisión y un problema de espera». *Trabajos de Estadística e Investigación Operativa* [Madrid], vol. 36 (1985), 269–279.
- [S150] «On the Measure of Line Segments Entirely Contained in a Convex Body». *Aspects of Math. and its Appl.*, Elsevier Science Publ., volum dedicat a L. Nachbin, (1986), 677–687.
- [S151] «On the superposition of Random Mosaics». *Acta Stereologica*, vol. 6 (1987), 141–145.
- [S152] «Affine Integral Geometry and Convex Bodies». *J. of Microscopy*, vol. 152 (1988), 229–233.
- [S153] «Fórmulas fundamentales de la Estereología usando secciones por variedades no lineales». *Rev. de la Unión Mat. Argentina*, vol. 34 (1988), 56–68.
- [S154] «Mosaicos aleatorios». *Rev. Real Acad. Ciencias Exactas de Madrid*, vol. 82 (1989), 483–522.
- [S155] «Geometría diferencial, geometría integral y geometría estocástica». *Noticiero de la U. M. A.*, (1991).
- [S156] «Fundamentos de la estereología en los espacios euclidianos e hiperbólicos de tres dimensiones». *Rev. Acad. Canaria de Ciencias*, vol. VII (1995), 117–134.

**Llibres**

- [S157] *Historia de la Aeronáutica*. Argentina: Espasa-Calpe, 1946.
- [S158] *Geometría integral*, (amb J. Rey Pastor). Argentina: Espasa-Calpe, 1951.
- [S159] *Introduction to Integral Geometry*. París: Hermann, 1953.
- [S160] *La probabilidad y sus aplicaciones*. Buenos Aires: Editorial Iberoamericana, 1955.
- [S161] *Geometría analítica*, (amb J. Rey Pastor i M. Balanzat). Buenos Aires: Ed. Kapelusz, 1955.
- [S162] *Vectores y tensores*. Buenos Aires: EUDEBA, 1961.
- [S163] *Geometrías no euclidianas*. Buenos Aires: EUDEBA, 1961.
- [S164] *Geometría proyectiva*. Buenos Aires: EUDEBA, 1966.
- [S165] *Espacios vectoriales y geometría analítica*. Washington: Monografías de la OEA, 1965.
- [S166] *La matemática en la escuela secundaria*. Buenos Aires: EUDEBA, 1966.
- [S167] *Probabilidad e inferencia estadística*. Washington: Monografías de la OEA, 1970.
- [S168] *Evolución de las ciencias en la República Argentina. Tomo I: La Matemática*. (et al.). Buenos Aires: Sociedad Científica Argentina, 1975.
- [S169] *L'educació matemàtica avui*. Barcelona: Teide, 1975.
- [S170] *Geometría espinorial*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Matemática, CONICET, 1976.
- [S171] *Integral Geometry and Geometric Probability*. Encyclopedia of Mathematics and its Applications. Massachussets: Addison-Wesley, Reading, 1976.
- [S172] *Julio Rey Pastor, matemático*, (amb S. Ríos i M. Balanzat). Madrid: Instituto de España, 1979.
- [S173] *Señorita: ¿qué es la estadística?* (et al.). República Argentina: Editorial COPEA, 1991.
- [S174] *La matemàtica: una filosofia i una tècnica*. Vic: Eumo, 1993. Versión castellana: Barcelona: Ariel, 1994.
- [S175] *La enseñanza de las matemáticas en la educación intermedia. Tratado de educación personalizado*. (dirigit per Victor García Hoz). Madrid: Rialp, vol 14.
- [S176] *La geometría en la formación de profesores*. Buenos Aires: Red Olímpica, 1994.
- [S177] *Enfoques hacia una didáctica humanística de la matemática*, (amb altres autors). Buenos Aires: Troquel, 1994.
- [S178] *Matemática I para la enseñanza general básica (EGB)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1993.



- [S179] *Matemática II para la enseñanza general básica (EGB)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1994.
- [S180] *Matemática III para la enseñanza general básica (EGB)*. Buenos Aires: Kapelusz, 1995.
- [S181] *De educación y estadística*, (amb altres autors). Buenos Aires: Série Eureka, Kapelusz, 1994.

#### Artículos de divulgació i educació matemàtica

- [S182] «Algunos problemas geométricos que plantea la navegación aérea». *Boletín Matemático*. [Buenos Aires], vol. 13 (1940).
- [S183] «Sobre las probabilidades continuas». *Ciencia* [Mèxic], vol. 1 (1940).
- [S184] «Posibilidades del vuelo interplanetario». *Revista de Ingeniería y Arquitectura*. Rosario, 1942.
- [S185] «La matemática y el lenguaje», *Asociación cultural de conferencias*. Rosario, 1941.
- [S186] «Nicolo Tartaglia y la resolución de la ecuación de tercer grado». *Math. Notae*, vol. 1 (1941).
- [S187] «Isaac Newton y el Binomio». *Math. Notae*, vol. 2 (1942).
- [S188] «La probabilidad y sus diversas aplicaciones». *Asociación cultural de conferencias*, Rosario, 1941.
- [S189] «Breve historia y estado actual de algunas quimeras y fantasías del hombre». *Revista Centro de Estudiantes* [Fac. Ciencias Matemáticas, Rosario] (1943).
- [S190] «Origen y desarrollo de la geometría integral». *Rev. Universidad Católica del Perú*, vol. 12 (1944).
- [S191] «Origen y evolución de algunas teorías matemáticas». *Rev. de Ingeniería* [Montevideo], 1945.
- [S192] «Sobre el problema del radio de acción de los aviones». *Revista Centro de Estudiantes*, Fac. Ciencias Matemáticas, Rosario 1945.
- [S193] «Las probabilidades geométricas y la geometría integral». *Bol. de la Fac. de Ingeniería* [Montevideo], vol. 3 (1945).
- [S194] «Contribución de la aviación al progreso de las ciencias». *Asociación cultural de conferencias*, Rosario, 1941.
- [S195] «Aplicaciones y problemas actuales de algunas teorías matemáticas». *Anales Soc. Científica Argentina*, vol. 150 (1950).
- [S196] «Nuevos problemas planteados a la matemática por las otras ciencias». *Bol. Centro Coop. Cient. UNESCO* [Montevideo], 1952.
- [S197] «El problema de la unificación de los campos: la última teoría de Einstein». *Mundo Atómico* [Buenos Aires], 1953.
- [S198] «La última teoría del campo unificado de Einstein». *Ciencia e Investigación* [Buenos Aires], vol. 9 (1953).

- [S199] «La probabilidad en geometrías no euclidianas». *Estocástica*, vol. 2 (1954).
- [S200] «Aspectos modernos en el campo de la geometría». *Ciencia y Tecnología*, [Washington: OEA], vol. 4 (1954).
- [S201] «La obra de Einstein en el campo matemático». *Ciencia e Investigación*, [Buenos Aires], (1955).
- [S202] «Geometría Analítica y Geometría Sintética». *Anales de la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, vol. 15 (1960), 9–31.
- [S203] «La matemática en la Argentina». *Revista Universitaria de Buenos Aires*, V época, vol. 2 (1961).
- [S204] «Geometrías finitas». *Ciencia e Investigación* [Buenos Aires], vol. 19 (1963), 49–62. Amb R. Carranza.
- [S205] «Perspectivas del desarrollo de la matemática en América Latina». *Rev. Union Matemática Argentina*, vol. 20 (1960), 23–32.
- [S206] «La obra científica de Beppo Levi». *Math. Notae*. vol. 18 (1962), 23–38.
- [S207] «La formación de profesores de matemática». *Educación Matemática en las Américas I*, Columbia University, Teachers College, 1962. Amb A. Valeiras.
- [S208] «La enseñanza de las ciencias en la escuela media: la Matemática». *Ciencia e Investigación*, vol. 19 (1963), 245–252.
- [S209] «La matemática moderna en las escuelas primaria y secundaria». *La Educación* Washington: OEA, vol. 37 (1965), 25–44.
- [S210] «Álgebra y Geometría: sus vinculaciones». *Anales de la Academia Nacional Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, vol. 20 (1965), 47–63.
- [S211] «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.
- [S212] «Preparación de profesores de matemática para la enseñanza secundaria». *Ed. Mat. en las Américas II*, (1966), 189–196. Amb R. Voelker.
- [S213] «La Matemática en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires en el período 1865–1930». *Boletín Academia de Ciencias*, Córdoba, Buenos Aires, 1970, 255–273.
- [S214] «La Matemática y la Educación». *Publicación de la Oficina de Ciencias de la Unesco para América Latina* [Montevideo], 1972.
- [S215] «Editoriales sobre Política Científica». *Ciencia e Investigación*. Etapa en què fou codirector, 1968–1972.
- [S216] «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].
- [S217] «Las aplicaciones de la Matemática en la Enseñanza Secundaria: Papel de la Estadística y de la Probabilidad». *Las aplicaciones de la enseñan-*

za y aprendizaje de la matemática en la escuela media. Montevideo: UNESCO para América Latina, 1974.

- [S218] «Panorama de la matemática en América Latina en 1974». *Boletín de la Oficina de Ciencias de la UNESCO*, [Montevideo], núm. 8 (1974).
- [S219] «La teoría de los conjuntos y la enseñanza de la matemática». *Conceptos de Matemática*, núm. 34 (1975), 4-10.
- [S220] «El Tercer Congreso Internacional sobre Educación Matemática». *Conceptos de Matemática*, núm. 40 (1976), 19-24.
- [S221] «La enseñanza de la matemática: de Platón a la matemática moderna». *Revista del Instituto de Investigaciones Educativas (IIE)*, [Buenos Aires] any 3, núm. 13 (1977), 3-26.
- [S222] «El debate actual sobre la matemática moderna». *Revista del Instituto de Investigaciones Educativas IIE* [Buenos Aires] any 3, núm. 14 (1977), 3-22.
- [S223] «Geometría y física». *Conceptos de Matemática*, núm. 43 (1977), 24-34.
- [S224] «Los módulos en la enseñanza y aprendizaje de la matemática en la escuela secundaria». *Publicación de la oficina regional de la UNESCO para América Latina*, Montevideo, 1977 [amb diversos autors].
- [S225] «El pensar matemático: la matemática en la técnica y en el arte». *Revista Hitos* [Buenos Aires], (1978).
- [S226] «Información y cultura». *Revista Nacional de Cultura* [Buenos Aires], any 1, núm. 1 (1978), 75-81.
- [S227] «La matemática y las ciencias del hombre». *Métodos cuantitativos en las ciencias sociales*, (en memòria del doctor Barral Souto). Buenos Aires, 1979, 137-152.
- [S228] «Matemática y sociedad». *Docencia* [Buenos Aires], (1980).
- [S229] «Teaching Statistics in Argentina». *Teaching Statistics*, vol. 2 (1980).
- [S230] «Prólogo a D. Papp». *Filosofía de las leyes naturales*. Buenos Aires: Troquel, 1980. 2a edició.
- [S231] «Influencia de Einstein en el campo matemático». *Conmemoración de Einstein en el centenario de su nacimiento*. Universidad Nacional de Tucumán, 1981, 27-46.
- [S232] «Computación y probabilidad en Educación». *Revista del Instituto de Investigaciones Educativas*, núm. 37 (1982), 3-14.
- [S233] «Ciencia argentina: su historia y su filosofía». *Actas de las Primeras Jornadas de Historia del Pensamiento Científico Argentino*. Buenos Aires, 1982, 13-19.
- [S234] «El cultivo de actitudes científicas para una educación integral del hombre». *El sistema educativo hoy* [Buenos Aires: CINA], vol. 1 (1983), 15-26.
- [S235] «La ciencia y la técnica en la sociedad contemporánea». [Buenos Aires: CONICET], 1983.

- [S236] «Labor de Terradas en Argentina». *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*. [en memòria d'Esteve Terradas], 1983.
- [S237] «Geometría integral, estereología y tomografía computarizada». *Ciencia Hoon Statistics* [Rio de Janeiro], vol. 2, núm. 15 (1984), 26-32.
- [S238] «Ciencia, técnica y sociedad a fines del segundo milenio». *Revista de la Escuela Superior de Guerra*, (1984).
- [S239] «El papel de la universidad en el desarrollo científico y tecnológico». *Educación Superior* [Caracas], UNESCO, núm. 16 (1984).
- [S240] «La información y su influencia en la ciencia y la filosofía». *Estudios dedicados a Luis Farré*, FEPAL, 1985, 75-79.
- [S241] «La enseñanza de la geometría en el ciclo secundario». *La Enseñanza de la matemática a debate*. Madrid: Ministeri d'Educació i Ciència, 1985, 11-23.
- [S242] «La ciencia y la técnica a fines del siglo xx». *Ingeniería Militar*, (1985), 5-8.
- [S243] «The work of Wilhelm Blaschke and Integral Geometry». *Blaschkes Gesammelte Werke* [Essen: Thales-Verlag], vol. 2 (1985), 211-218.
- [S244] «La matemática en la educación». *Docencia* [Buenos Aires], (1986).
- [S245] «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.
- [S246] «La enseñanza de las ciencias en la escuela media», *Docencia* [Buenos Aires], (1987).
- [S247] «Pensar determinista, pensar probabilista, pensar informático». *Anales del Primer Congreso Argentino de Informática Educativa*. Buenos Aires, 1987, 5-10.
- [S248] «Influencia de la ciencia en la literatura». *Literatura y Ciencia*, Fundación Casa de la Cultura de Córdoba, (1988), 29-33.
- [S249] «Estadística y probabilidad en la escuela media». *Elementos de Matemática, II*, núm. 17 (1988), 16-26.
- [S250] «La probabilidad en la escuela media: uso de tablas al azar». *Épsilon (Revista de la Sociedad Matemática Thales)*, núm. 10 (1988), 9-22.
- [S251] «Julio Rey Pastor, en el centenario de su nacimiento». *Ciencia e Investigación* [Buenos Aires], vol. 42 (1988), 326-330.
- [S252] «Proporcionalidad y probabilidad». *Revista de la Sociedad Canaria de Profesores de Matemáticas*, núm. 18 (1988), 7-17.
- [S253] «Rey Pastor en Hispanoamérica». *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Commemoració del centenari del naixement de Rey Pastor. Madrid, 1988, 27-34.
- [S254] «La investigación científica, profesión de nuestro siglo». *Academia de Ciencias de Buenos Aires*. 1988

- [S255] «La probabilidad en la enseñanza secundaria, simulación de juegos». *Revista de Educación Matemática*, vol. 4 (1989), 4-17.
- [S256] «La ciencia en los umbrales del tercer milenio». *Ingeniería Militar* [Buenos Aires], any 5, núm. 9, (1989), 4-11.
- [S257] «La obra de Rey Pastor en geometría y topología». *Revista de la UMA*, vol. 35 (1989), 3-12.
- [S258] «Método experimental y método matemático». *Elementos de Matemática*, vol. 5, núm. 17 (1990).
- [S259] «Matemáticas para no matemáticos». (Memòries del Congrés Iberoamericà). Sevilla: UNESCO, 1990.
- [S260] «El ensayo del científico». *Fundación Casa de Cultura de Córdoba*. 1990, 16-21.
- [S261] «Olimpiadas Matemáticas». *Revista de Educación Matemática*, vol. 6 (1991), 21-36.
- [S262] «Fractales y sistemas caóticos». *Revista del Instituto Tecnológico de Buenos Aires*, vol. 14 (1991).
- [S263] «Matemática y cultura general». *SUMA* [Huelva], vol. 10 (1992), 4-8.
- [S264] «Conjuntos fractales». *Elementos de Matemática*, vol. 1 (1992), 5-26.
- [S265] «La ciencia en Hispanoamérica durante los quinientos años del descubrimiento». *Anales Academia de Ciencias Exactas*. [Buenos Aires], vol. 44 (1992).
- [S266] «José Babini, matemático». *Saber y tiempo* [Buenos Aires], núm. 3 (1997).
- [S267] «Matemáticas para profesores». *Épsilon (Revista de la Sociedad Matemática Thales)* SAEM, [Sevilla], núm. 38 (1997).

### Referència bàsica d'aquest article

- [D] XAVIER DURÁN, *Lluís Santaló*. Col·lecció de Biografies de la Fundació Catalana per a la Recerca, núm. 7, ISBN: 84-89570-21-3.

DEPARTAMENT DE MATEMÀTIQUES  
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA  
08193 BELLATERRA  
agusti@mat.uab.es