

# Continguts didàctics del curs d'Aritmètica Social del físic català Aragó<sup>1</sup>

**Gabriel Ruiz-Garzón**

Universidad de Cádiz

gabriel.ruiz@uca.es

**Jaime Ruiz-Zapatero**

Oxford University

jaime.ruiz-zapatero@stx.ox.ac.uk

## Resum

L'objectiu d'aquest treball és mostrar l'origen dels continguts didàctics impartits pel físic català Francesc Aragó, entre 1808 i 1830, a l'École Polytechnique de París, en el curs d'Aritmètica Social. Aquesta assignatura té com a antecedents l'aritmètica política de Petty, l'aritmètica moral de Buffon i la matemàtica social de Condorcet, i és la precursora del càlcul de probabilitats actual.

## Abstract

*The aim of this work is to trace the origins of the teaching contents of the Catalan physicist Francesc Arago's course in Social Arithmetic, which he taught during his time at the École Polytechnique in Paris between 1808 and 1830. This subject is compared here to preceding courses Political Arithmetic by Petty, Buffon's Moral Arithmetic, and Social Mathematics by Condorcet. Furthermore, our study shows the relevance of Arago's course as one of the vital precursors of the current Calculus of Probability.*

## Biografia d'Aragó

Francesc Joan Domènec Aragó (François Arago) va néixer el 1786 a Estagell, una vila a divuit quilòmetres de Perpinyà, al Rosselló francès, i va morir el 2 d'octubre de 1853 a París (vegeu la figura 1). El seu pare, Bonaventura Aragó, i la seva mare, Maria Roig, conformaven una família catalanoparlant de camperols acomodats. Francesc era el gran dels cinc germans homes dels onze fills que van tenir els seus pares. Els seus altres germans eren: Jean, que va ser general

1. Traducció al català d'Ànnia Bosch i Casabò.

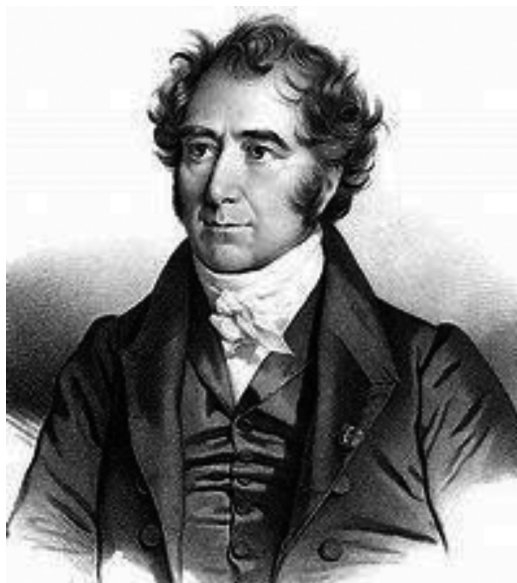


Figura 1. Francesc Aragó.

de l'exèrcit mexicà; Jacques, que va ser explorador, dibuixant i escriptor (entre altres obres, d'una titulada *Curieux voyage autour du monde*, on no utilitza la lletra *a* a causa d'una aposta que va fer); Victor, que va ocupar el càrrec d'oficial de l'armada francesa; Joseph, que va ser coronel de l'exèrcit mexicà, i Étienne, que va aconseguir el lloc de diputat i alcalde de París, a més de ser dramaturg i director d'un teatre parisenc.

Francesc, després d'estudiar a l'Institut Municipal de Perpinyà, va preparar durant l'any 1802 l'ingrés a l'École Polytechnique, estudiant, entre altres manuals, els següents: *Introduction à l'analyse infinitésimale*, d'Euler, *Résolution des équations numériques*, *Théorie des fonctions analytiques*, *Mécanique analytique*, de Joseph Louis Lagrange, *Mécanique Celeste*, de Pierre Simon Laplace, i *Mémoire sur la manière de distinguer les Maxima des Minima dans le Calcul des Variations* i *Mémoire sur les Intégrations par arcs d'ellipse*, ambdós d'Adrien Marie Legendre. L'examen d'ingrés el va realitzar a Tolosa i el seu examinador va ser Louis Monge, germà del matemàtic i director de l'École Polytechnique Gaspar Monge, i el 1803 hi va ser admès amb una de les sis millors notes de tot França.

Però, com després veurem, la seva vida està molt marcada per la de l'astrònom francès Pierre Méchain (1744-1804), que al costat de Jean Delambre (1749-1822) havia participat en el mesurament del meridià des de Dunkerque fins a Barcelona, entre 1792 i 1798, mitjançant la tècnica de la triangulació. Aquesta tècnica consisteix a dissenyar una malla de triangles adjacents on els vèrtexs se situen alternativament a una part i a l'altra de l'arc AB del meridià que es vol mesurar. El primer triangle ha de tenir un vèrtex en el punt A i l'últim triangle en B. A partir de la mesura d'un costat del primer triangle i de dos dels seus angles es poden determinar, per trigonometria, tots els costats de tots els triangles. Abatent les altures dels triangles sobre el segment AB es pot calcular la distància AB de l'arc. La mesura de l'arc del meridià terrestre també tenia la utilitat de saber si la Terra estava aplanada pels pols o per l'equador, a més de poder definir amb precisió el metre com a unitat de longitud.

Abans que Delambre i Méchain acabessin la seva missió, el 7 d'abril de 1795 la Convenció Nacional francesa va definir el metre a partir de dades antigues proporcionades per aquests dos astrònoms, sense comptar amb els nous càlculs que podria aportar Méchain en finalitzar la seva visita a Espanya. El 10 de desembre de 1799 Napoleó Bonaparte va signar l'acta de naixement del metre, definit com la deu milionèsima part del quadrant del meridià terrestre. Mentrestant, el 1795 Méchain es trobava a Barcelona efectuant els últims mesuraments de l'arc del meridià quan l'inici de la guerra francoespanyola el va obligar a exiliar-se a Itàlia. Desgraciadament, repassant els seus càlculs s'adonà que hi havia una diferència de tres segons de grau per a un mateix punt de Barcelona i decidí ocultar el seu error, i alhora demanà que se li permetés tornar a Espanya i reprendre el càlcul del meridià, estenent-lo des de Barcelona fins a les Balears amb l'objectiu soterrat de tornar a fer els càlculs.

Per fi, el setembre de 1801 el Bureau des Longitudes encomanà a Pierre Méchain l'extensió de les mesures del meridià des del sud de Barcelona fins a Formentera. L'abril de 1803 Méchain va tornar cap a Espanya i triangulà la costa catalana i la mallorquina. En el seu pas per Espanya s'allotjà a la casa del pare d'Aragó. Méchain va conèixer Francesc Aragó, que en aquella època tan sols tenia vuit anys. El seu pare va demanar consell a l'astrònom sobre la bondat de la seva professió per al seu fill. Méchain contestà (Bayard, 2007, p. 40; la traducció és nostra):

És un camí molt difícil de recórrer i, tret que es tingui una vocació molt especial, el vostre fill només trobarà decepcions.

El setembre de 1804 Méchain caigué malalt de febre groga i morí a Castelló de la Plana, sense arribar a adonar-se que no havia comès cap error, ja que les discrepàncies observades eren fruit de l'acumulació de petits errors instrumentals, la refracció de les estrelles, etc.

El fet luctuós de la mort de Pierre Méchain tornà a marcar la vida d'Aragó per segona vegada, ja que Augustin Méchain, fill de Pierre Méchain, presentà la seva dimissió com a secretari de l'Observatori de París. Laplace preguntà a Poisson qui podria ocupar el lloc vacant i aquest es recordà d'un veí, Francesc Aragó, que a més era alumne seu, que podria ocupar el lloc de secretari. Al mateix temps, li encomanaren continuar amb la missió del càlcul del meridià des de Barcelona fins a les Balears (vegeu la figura 2).

El 1806 Aragó marxà cap a Espanya amb Jean-Baptiste Biot (1774-1862), professor de física del Collège de France i membre de l'Institut des Sciences. Tots dos comptaven amb nou instrumental per efectuar els càlculs, com el cercle repetidor de Borda. Els acompanyaren en la tasca dos espanyols, José Rodríguez (1770-1824), alumne també de l'École Polytechnique, i José Chaix (1765-1809). A partir d'aquí, la vida d'Aragó és digna d'una novel·la o un guió cinematogràfic.

El 1808 començà la Guerra d'Independència espanyola i Aragó, que es trobava a Mallorca fent les seves tasques de triangulació, va ser acusat d'espia. Les tasques de triangulació requerien la realització de focs i senyals lluminosos per tal que els punts fossin albirats, de vegades, des de més de cent quilòmetres de distància. Aquests focs foren interpretats pels vilatans com a senyals que podrien afavorir el desembarcament de pirates i tropes estrangeres. Aragó, davant la possibilitat de ser linoxat per la multitud, demanà ingressar a la presó del castell de Bellver de Mallorca.



**Figura 2. Triangulació de Barcelona i Balears.**

Un matí, davant els rumors de la seva pròxima execució, decidí escapar en un vaixell cap a Algèria amb l'ajuda del governador de l'illa, que sabia que els seus treballs científics eren aliens a altres motius que els pròpiament científics.

El 16 d'agost de 1808 sortí cap a Marsella en un vaixell que portava un regal singular del dei, o governant d'Algèria, a Napoleó: dos lleons! Però el vaixell fou capturat per un corsari espanyol i Aragó fou empresonat a Roses. Sorprenentment, el posaren en llibertat. La causa cal buscar-la en la carta que Aragó va escriure al dei d'Algèria per a informar-lo de la mort d'un dels seus lleons. El dei va amenaçar Espanya d'entrar en guerra si no deixaven en llibertat els tripulants del vaixell.

El 28 de novembre de 1808 Aragó embarcà cap a Marsella, però una gran tempesta els obligà a retrocedir novament fins a Algèria. Fou novament capturat i fingí convertir-se a l'islamisme per salvar la seva vida i aconseguir embarcar-se en un altre vaixell, per tercera vegada, novament cap a Marsella, on per fi arribà el 2 de juliol de 1809 amb el seu quadern de notes de triangulació amagat entre la pell i la camisa. A París, com a compensació per la seva gesta, fou nomenat membre de l'Acadèmia de Ciències a l'edat de vint-i-tres anys.

El 1809 fou elegit membre de l'Acadèmia de Ciències, primer com a secretari perpetu i després com a president. Va ser director de l'Observatoire Royal de París de 1813 a 1846, ciutat on va residir fins a la seva mort. Aragó, com a físic, ajudat pel seu company de triangulació Biot, va descobrir la taxa de refracció a través de diversos gasos, el cromatisme i la polarització rotatòria de la llum.

Col·laborà amb Fresnel (1788-1827) en la confirmació de la teoria ondulatoria de la llum, ja que era més lenta en els mitjans més densos, i en la comprovació de la seva velocitat, juntament amb Fizeau (1819-1896) i Foucault (1819-1868). Va descobrir que la velocitat de la llum era la mateixa en totes les direccions i era independent de l'estrella que l'emetia. També és seu el concepte de cromosfera del sol. Va investigar les lleis de l'electromagnetisme amb Ampère (1775-1836), amb qui va construir l'electroimant, invent que va obrir les portes al telèfon i al telègraf. Va estudiar la temperatura de les aigües dels oceans, el corrent del Golf i la deriva dels continents. El 1845 va proposar a Urbain Le Verrier (1811-1877) l'estudi de les anomalies detectades a Urà, la qual cosa portaria a aquest últim a descobrir l'existència d'un nou planeta: Neptú.

Aragó va obrir l'Acadèmia als periodistes i al públic en general. Van ser famosos els seus programes de conferències on es tractaven temes d'astronomia per al públic general.

Com a polític, el 23 d'abril de 1848 fou nomenat ministre de la Guerra, la Marina i les Colònies, i va proclamar la República davant del poble de París. Va arribar a ser nomenat primer ministre el 10 de maig de 1848 i va dimitir el juny d'aquell mateix any, aclaparat per les insurreccions populars.

Entre les tasques més rellevants que va desenvolupar destaca el fet que va impulsar l'abolició de l'esclavitud a les colònies franceses i dels càstigs corporals a la marina. També va buscar finançament per a activitats tan diverses com el desenvolupament del ferrocarril, el telègraf, el daguerreotip, com a precursor de la fotografia, i la publicació de les obres de Laplace i Fermat. Per a més detalls biogràfics hem de consultar l'obra de Jacques (2017).

Encara que de Francesc Aragó és més coneguda la seva faceta de físic, en aquest article mostrarem la seva cara menys coneguda de professor, entre 1808 i 1830, a l'École Polytechnique, on impartia l'assignatura d'Aritmètica Social. En l'apartat següent ens centrarem a mostrar quins continguts o temes contenia aquesta assignatura com a precursora dels cursos posteriors de càlcul de probabilitats.

## Antecedents del curs d'Aritmètica Social

Els continguts que impartim actualment en qualsevol curs bàsic d'estadística s'han anat conformant a través dels segles. Entre els seus antecedents trobem l'aritmètica social d'Aragó i, aquesta, al seu torn, té els antecedents en l'aritmètica política.

### *Aritmètica política*

Sota el terme *aritmètica política* s'agrupen una sèrie d'operacions útils per al govern dels pobles, com ara el càlcul del nombre d'homes que habiten un país, la quantitat d'aliments que han de consumir, etc. El terme en qüestió prové de l'obra *Political Arithmetik*, del científic anglès William Petty (1623-1687) i publicada el 1691.

Petty va exercir de metge, va ser responsable del cadastre i agrimensor en el repartiment de terres d'Irlanda, on fou ordenat per Cromwell d'acord amb els resultats de la guerra entre catòlics i protestants. L'objectiu de Petty va ser el càlcul de la riquesa i la població de les

illes Britàniques i demostrar que Anglaterra era més puixant que França. En aquest sentit, va proporcionar tres mètodes per estimar la població de Londres:

1. Multiplicar el nombre de defuncions per 30.
2. Multiplicar el nombre de llars per 8, nombre mitjà de components d'una llar en aquelles dates.
3. Prendre com a base el nombre de llars d'altres llocs, com Dublín o Bristol, i procedir a una estimació.

Petty, en els últims anys de la seva vida, va escriure una altra sèrie d'assajos que també va anomenar d'aritmètica política dedicats a comparar els habitants de Londres, París i els Països Baixos (vegeu Reungoat, 2004). Després, sota la terminologia *política aritmètica* s'agruparen fonamentalment continguts de càlculs i taules demogràfiques.

### **Aritmètica moral**

El terme següent és el d'*aritmètica moral*. El va encunyar el naturalista i noble francès Georges Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788). Des del seu lloc de supervisor del Jardin du Roi, va emprendre la redacció de la seva obra cabdal, la seva *Història natural*, en un dels últims toms de la qual hi trobem amb un suplement titulat *Essai d'Arithmétique Morale*.

Buffon va ser un ferm observador de tots els éssers de la naturalesa, dins la qual considerava l'home com un integrant a qui li calia estudiar no sols des d'un punt de vista fisiològic, sinó també en el seu esperit, amb les seves esperances, les seves pors i les seves passions, per això va afegir al nom de la disciplina l'adjectiu *moral*. En el seu *Essai d'Arithmétique Morale* es tracten dos problemes molt importants en la història de l'estadística. El primer és l'anomenat problema de l'agulla, la solució del qual té a veure amb el nombre  $\pi$  (vegeu Ruiz-Garzón, 2001, p. 71; la traducció és nostra):

Suposem que en una habitació el sòl s'hagi dividit en línies paral·leles. Es tira un pal i un dels jugadors aposta perquè el pal no tallarà cap de les paral·leles del sòl. L'altre, per contra, aposta perquè el pal tallarà alguna d'aquestes línies. Es pregunta sobre les probabilitats de tots dos jugadors. És possible jugar aquest joc amb una agulla de cosir o una agulla sense cap.

I el segon és l'anomenada paradoxa de Sant Petersburg (vegeu Ruiz-Garzón, 1999, p. 7):

Pere llença una moneda a l'aire tantes vegades com sigui necessari per treure cara. Si això passa a la primera tirada, ha de donar a Pau un ducat; si passa a la segona, 2; si passa a la tercera, 4; si passa a la quarta, 8, i així successivament, duplicant el nombre de ducats a cada jugada que cal efectuar. Quina és l'esperança de guanyar corresponent a Pau? En altres paraules, quin és el preu just que Pau ha de pagar per aquest joc?

Pere paga a Pau  $2^{n-1}$  ducats si la moneda surt cara per primera vegada en l'enèsim llançament, amb una probabilitat  $(1/2)^n$ ; així l'esperança de Pau és:

$$E(X) = \sum_{n=1}^{\infty} 2^{n-1} \left(\frac{1}{2}\right)^n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2} = \infty$$

És a dir, Pau hauria de pagar un preu infinit per participar en el joc i a canvi només rebria un pagament finit en cada llançament. El resultat sembla que estigui en contradicció amb el sentit comú, però, malgrat tot, és cert, aquesta és la paradoxa.

Buffon proposa menysprear les probabilitats petites, concretament les menors que 1/10.000, ja que, segons les seves taules de mortalitat, la probabilitat que un home de 56 anys mori en el transcurs del dia era d'1/10.189; i si, per a un home d'aquesta edat, aquesta probabilitat no li causa temor i li sembla petita, amb igual motiu ho serà 1/10.000 en el nostre problema. Amb aquestes premisses, com que  $2^{13} = 8.192$  i  $2^{14} = 16.384$ , tenim que el pagament just per participar en la paradoxa de Sant Petersburg serà:

$$E(X) = \sum_{n=1}^{13} 2^{n-1} \left(\frac{1}{2}\right)^n = 6,5$$

Després del concepte d'aritmètica política de Petty i d'aritmètica moral de Buffon, que ja involucrava conceptes de probabilitat i esperança matemàtica, en vindria un de nou que encunyaria Condorcet.

### **Matemàtica social**

Segons Condorcet (1743-1794), sota el terme *matemàtica social* es troben:

[...] totes aquestes aplicacions que són immediatament relatives als interessos socials [...]. La matemàtica social pot tenir per objecte els homes, les coses o alhora els homes i les coses. (Crepel, 1989a, p.1; la traducció és nostra)

Condorcet tenia com a objectiu la llibertat, la igualtat i el benestar material de tots els ciutadans, i per a això comptava amb el programa reflectit en la matemàtica social.

Condorcet havia publicat el 1805 un llibre titulat *Éléments du calcul des probabilités et son application aux jeux de hasard, à la loterie et aux jugemens des hommes*. Dins del volum figuraven continguts d'aritmètica, geometria, mecànica i càlcul de probabilitats, que s'havien d'impartir durant vint-i-cinc setmanes, en classes de dues hores, distribuïts en set temes:

1. L'interès del diner
2. Un mètode per formar taules
3. Principis fonamentals del càlcul de probabilitats
4. La naturalesa de les veritats a les quals pot conduir el càlcul de probabilitats
5. La manera de comparar successos de probabilitats diferents: problema dels punts i paradoxa de Sant Petersburg
6. Aplicacions del càlcul de probabilitats: especulacions comercials i taules de mortalitat
7. Aplicacions de la teoria de les combinacions als jocs d'atzar.

Com veiem, Condorcet havia dissenyat un curs d'estadística amb elements de càlcul de probabilitats i de matemàtiques financeres. No oblidem que ostentava el càrrec d'inspector general de la Moneda.

## El curs d'Aritmètica Social

### *Aritmètica social*

I, per fi, el terme següent és el d'*aritmètica social*, que s'encunyaria a l'École Polytechnique i té com a protagonista el nostre Francesc Aragó. L'objectiu que es perseguia amb la creació de l'École Polytechnique era formar els enginyers civils i militars necessaris per a la nació i transmetre coneixement a través del nivell científic d'una institució els professors de la qual es triarien entre les millors ments del moment. Amb tan sols vint anys, Aragó era un d'aquests caps i fou triat per formar part del planter de professors de l'École Polytechnique, concretament per succeir Gaspard Monge en el Departament de Geometria Analítica. La seva missió consistí a impartir continguts de geodèsia i mecànica aritmètica des del curs 1809-1810 fins al 1830, dins de la matèria titulada Anàlisi Aplicada a la Geometria. Paradoxalment, mai no va impartir ni física ni astronomia, matèries per les quals, no obstant això, és més conegut. El 1812 Aragó va ascendir de rang i va ser nomenat professor adjunt.

El 4 de setembre de 1816 es va reformar el pla d'estudis de l'École. La comissió que va elaborar el nou pla d'estudis estava presidida per Laplace i es proposà crear un curs d'Aritmètica Social sobre la base dels motius següents (Crepel, 1989a, p. 15; la traducció és nostra):

El curs d'Aritmètica Social, adequat per ajudar els alumnes a raonar, habitar-los als càlculs de l'alta administració i oferir-los una aplicació interessant dels seus coneixements, és susceptible de ser introduït a l'École Polytechnique, on es pot incorporar fàcilment al curs d'Anàlisi Aplicada a la Geometria. Un nombre petit de lliçons bastarà per a aquest nou objecte d'estudi, que no exigirà cap despesa addicional. Aquests motius han determinat la comissió a proposar la introducció d'un curs d'Aritmètica Social juntament amb la part teòrica de la geodèsia en el curs d'Anàlisi Aplicada a la Geometria de Corbes i a la Geometria de Tres Dimensions.

Gràcies a les notes d'un alumne que va assistir a les classes d'Aragó, Hippolyte Renaud, els dies 7, 9, 11, 14 i 16 de juliol de 1825, ens han arribat els epígrafs que Aragó va impartir (Crepel, 1989b) (vegeu la figura 3).

1. Probabilitat i certitud. Definició de la probabilitat. Esdeveniment contrari. Esdeveniments composts. Independència. Objecions de D'Alembert. Repeticions.
2. Probabilitats compostes en el cas no independent. Desigualtats desconegudes que poden existir entre probabilitats que se suposen iguals. Parell o imparell. Probabilitats de les causes. Esperança matemàtica. Problema de Sant Petersburg: esperança matemàtica i esperança moral.
3. Problema dels punts. Loteria de França. Taules de mortalitat: vida probable, vida mitjana.
4. Estimacions de la població, multiplicador universal. Inoculació. Proporcions de naixements masculins i femenins. Qüestions d'interès del diner: caixes de préstecs, rendes viatgeres, anualitats, tontines, cases d'empenyorament, assegurances de vida, assegurances marítimes, assegurances mútues i companyies.
5. Rudiments relatius a les operacions bancàries: canvi, preus del diner, bitllets de banc, paper moneda, lletres de canvi. Errors d'observació, mètode de mínims quadrats.

Com apreciem, aquest curs d'Aragó, fins i tot basant-se en el de Condorcet, significava un increment del nombre de temes tractats.



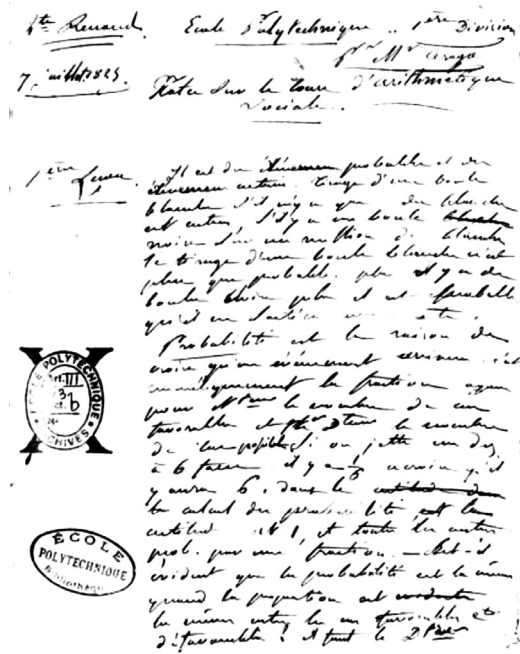


Figura 3. Anotacions d'Hippolyte Renaud de la classe d'Aragó.

## Després del curs d'Aritmètica Social

Al terme *aritmètica social* d'Aragó el va seguir el de *física social*.

### Física social

El terme *física social* també apareix en una obra, concretament en la titulada *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale*, publicada el 1835 per Adolphe Quetelet (1796-1874). Nascut a Gant, va ser enviat a París el 1823 per iniciar-se en la pràctica de l'astronomia al costat d'Aragó i en el càlcul de probabilitats al costat de Laplace (1749-1827) i Poisson (1781-1840). L'objectiu era encarregar-se de la direcció d'un nou observatori astronòmic que havia de construir-se a Bèlgica. El seu somni es materialitzà el 1830, any en què va ser nomenat primer director de l'Observatori de Brussel·les. Va ser allí on es va celebrar, el 1853, una conferència que va ser el germen del que seria l'Organització Meteorològica Internacional. Va ser el president del Primer Congrés Internacional d'Estadística.

El seu *Physique sociale* està consagrat a desenvolupar les qualitats físiques i morals de l'home, el que ell va anomenar l'home físic i social. No sols estudia els atributs físics humans, com l'altura o el pes d'una persona, sinó els seus atributs morals, com les taxes de suïcidi, de criminalitat, etc. Desenvolupa la teoria de l'home mitjà, que no és només una teoria matemàtica, sinó també social. La mitjana era per a Quetelet l'expressió de l'equilibri. L'home mitjà era la representació d'una població diversa i l'home ideal se situava en el punt mitjà. Segons les seves paraules (Quetelet, 1869, p. 491; la traducció és nostra):

L'home que considero és dins de la societat l'anàleg del centre de gravetat dins del cos; és la mitjana al voltant de la qual oscil·len els elements socials.

Quetelet, per defensar l'existència del seu home mitjà, se servia de la llei dels grans nombres que va formular Poisson, que venia a dir que les petites anomalies en la construcció de les monedes desapareixien si l'experiència es repetia un nombre prou gran de vegades. D'igual manera, les diferències entre una persona i una altra desapareixien, i apareixia l'home mitjà.

### ***El càlcul de probabilitats***

Des de 1831 i fins a 1838 Savary substitueix Aragó a l'École Polytechnique i afegeix el teorema de Bernoulli i el problema de l'agulla de Buffon al programa del curs d'Aragó. El curs 1834-1835 el curs d'Aritmètica Social passa a dir-se Elements de Càlcul de Probabilitats i Aritmètica Social. El curs 1838-1839 les cinc lliçons de probabilitat proposades per Aragó seran impartides per Jean-Marie Constant Duhamel (1797-1872). Des del curs 1841, seran els matemàtics Joseph Liouville (1809-1882) i Charles Francesc Sturm (1803-1855) els que s'encarregaran d'impartir-lo alternadament, i eliminaran alguns continguts d'aritmètica comercial, el punt que tracta de la mitjana entre diverses observacions, el teorema de Bernoulli i la probabilitat dels esdeveniments que prové de l'observació d'esdeveniments anteriors de la mateixa naturalesa.

En morir Aragó, la direcció de l'École Polytechnique fou per a Urbain Leverrier. Aquest va proposar donar prioritat a les aplicacions pràctiques per a la geodèsia, la cartografia i l'artilleria, en lloc dels conceptes teòrics. Això portà a suprimir la demostració del teorema de Bernoulli o a traslladar l'explicació del mètode de mínims quadrats dins de la geodèsia.

En la taula següent i a manera de resum, figuren els diferents continguts estadístics i els científics que es van impartir en la primera meitat del segle XIX, tot consolidant la tendència a separar el que avui anomenaríem estadística de les matemàtiques comercials.

**Taula 1. Continguts estadístics i científics que els van impartir.**

<b>Continguts</b>	<b>Condorcet (1805)</b>	<b>Aragó (1809-1830)</b>	<b>Savary (1831-1838)</b>	<b>Liouville i Sturm (1841-1853)</b>
Probabilitat	X	X	X	X
Esperança matemàtica Problema de Sant Petersburg	X	X	X	X
Problemes dels punts	X	X	X	X
Taules de mortalitat	X	X	X	X
Estimació de la població. Inoculació		X	X	X
Interessos del diner. Assegurances	X	X	X	
Operacions bancàries		X	X	
Mètode de mínims quadrats		X	X	X
Teorema de Bernoulli			X	
Problema de l'agulla			X	X
Teorema de Bayes		X	X	

## Conclusions

En aquest article hem vist unes facetes poc conegudes de la vida i l'obra del físic català Francesc Aragó, com ara la seva aportació a l'estadística, a través dels continguts didàctics del seu curs d'Aritmètica Social. Hi recull temes tractats per Petty, Buffon o Condorcet i influeix en la conformació del currículum dels cursos de càlcul de probabilitats de finals del segle XIX de Liouville, Sturm o posteriorment Cournot. Com va dir l'historiador català nascut a França i Medalla d'Or de la Generalitat de Catalunya Pierre Vilar, «cal comprendre el passat per entendre el present».

L'obra i la vida del també català Francesc Aragó és una bona excusa per fer-ho.

## Referències

Bayard, P. (2007). *La méridienne de France et l'aventure de sa prolongation jusqu'aux Baléares*. París: L'Harmattan.

Crepel, P. (1989a). De Condorcet à Arago: l'enseignement des probabilités en France de 1786 à 1830. *Bulletin de la Sabix*, 4, 29-55.

Crepel, P. (1989b). Le cours d'Arithmétique sociale de Francesc Aragó à l'École polytechnique (1825). Transcription des notes prises par l'élève Hippolyte Renaud. *Bulletin de la Sabix*, 4, 56-73.

Jacques, G. (2017). *Francesc Aragó: l'oublié*. París: Nouveau Monde.

Quetelet, A. (1869). *Physique Social ou Essai sur le développement des facultés de l'homme*. Brussel·les: Muquardt.

Reungoat, S. (2004). *William Petty, Observateur des îles britanniques*. París: Institut National d'Études Démographiques.

Ruiz-Garzón, G. (1999). La paradoja de San Petersburgo: una reivindicación didáctica. *Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, 32, 5-9.

Ruiz-Garzón, G. (2001). Sobre la utilidad de la geometría en la enseñanza de la probabilidad. *Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, 37, 67-74.

