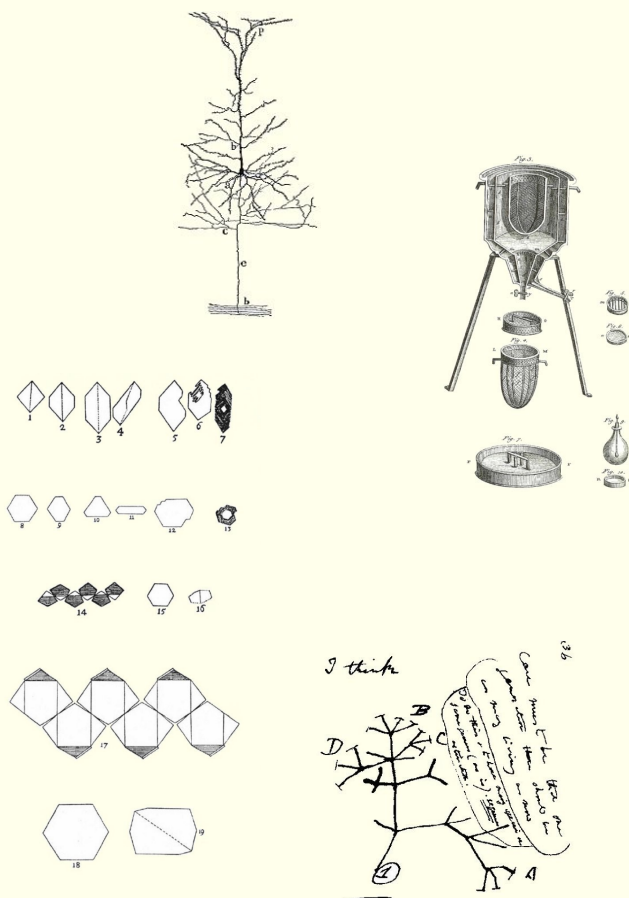




# *Idees que van canviar el món*



**Monografies de la Societat d'Història  
Natural de les Balears, 22  
2016**



**Universitat de les  
Illes Balears**



# Idees que van canviar el món

Antelm GINARD, Damià VICENS i Guillem X. PONS  
Editors

Palma  
2016



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL  
DE LES BALEARS



Universitat de les  
Illes Balears

MONOGRAFIES DE LA SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS, 22

Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.) (2016). Idees que van canviar el món. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 22; 280 pp. SHNB – UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 22  
*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

Citació suggerida:

Rosselló, V. (2016). Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 53-65. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

© del text: els autors.

© de l'edició: Societat d'Història Natural de les Balears

C/ Margarida Xirgu, 16, baixos

07011 Palma

Tel/Fax: 971.733.345

e-mail: [shnb@shnb.org](mailto:shnb@shnb.org)

[www.shnb.org](http://www.shnb.org)

ISBN 978-84-608-9162-8



# Índex

<b>Idees que van canviar el món</b> .....	9
<i>Antelm Ginard, Damià Vicens i Guillem X. Pons</i>	
<b>Aristòtil i l'estudi dels éssers vius. Ontologia i història natural</b> .....	13
<i>Miquel Ripoll</i>	
<b>Sant Tomàs: la fe que no renuncia a la raó</b> .....	31
<i>Gabriel Seguí</i>	
<b>Ramon Llull i la ciència: un instrument per conèixer Déu</b> .....	37
<i>Maribel Ripoll</i>	
<b>Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna</b> .....	53
<i>Victòria Rosselló</i>	
<b>Steno i el seu temps: una visió dels inicis de la geologia</b> .....	67
<i>Damià Crespí</i>	
<b>Lavoisier: la revolució química francesa</b> .....	123
<i>Antoni Salvà</i>	
<b>Una aventura per a la ciència. François Aragó i el triangle 17</b> .....	147
<i>Joan Bauzà i Joan Stela</i>	
<b>Charles Darwin i l'origen de les espècies</b> .....	165
<i>Guillem X. Pons</i>	
<b>Mendeléiev: la revolució química russa</b> .....	211
<i>Antoni Salvà</i>	
<b>Santiago Ramón y Cajal, impulsor de la neurociència moderna</b> .....	233
<i>Gabriel Timoner</i>	
<b>El creador de la relativitat: Albert Einstein</b> .....	255
<i>Joan Stela</i>	
<b>Jane Goodall: vida e implicación en el mundo de la primatología</b> .....	261
<i>Lidia Cabeza</i>	
<b>Programa del cicle de conferències</b> .....	277

## **Comitè Científic**

- Sr. Damià Crespí Bestard, Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN),  
Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)
- Sr. Antelm Ginard Fullana, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)
- Dr. Francesc Gràcia Lladó, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB),  
Universitat de les Illes Balears (UIB)
- Dr. Joan March Noguera, Institut Universitari d'Investigació en Ciències de la  
Salut (IUNICS-UIB)
- Dr. Guillem X. Pons Buades, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB),  
Universitat de les Illes Balears (UIB)
- Dra. Victòria Rosselló Botey, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)
- Sr. Antoni Salvà Tomàs, Departament de Física i Química, IES Felanitx
- Dr. Damià Vicens Xamena, Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB),  
Universitat de les Illes Balears (UIB)

## **Institucions organitzadores**

- Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB)  
Universitat de les Illes Balears (UIB)

## **Autors**

**Joan BAUZÀ.** Departament de Geografia (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: estrescaires@gmail.com

**Lidia CABEZA.** E-mail: primatelca@gmail.com

**Damià CRESPI.** Departament de Biologia i Geologia, IES Francesc de Borja Moll. C/ Caracas, 8, 07007 Palma, Illes Balears. E-mail: damiacrespi@gmail.com

**Guillem X. PONS.** Departament de Geografia (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: guillemx.pons@uib.es

**Maribel RIPOLL.** Càtedra Ramon Llull (UIB). Departament de Filologia Catalana i Lingüística General (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: ripollmaribel@gmail.com

**Miquel RIPOLL.** Departament de Filosofia i Treball Social (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: miquelripollperello@yahoo.es

**Victòria ROSSELLÓ.** Dra. en Física. E-mail: vicrossello@hotmail.com

**Antoni SALVÀ.** Departament de Física i Química, IES Felanitx. Carr. de Petra, s/n, 07200 Felanitx, Illes Balears. E-mail: asalva2@educacio.caib.es

**Gabriel SEGUÍ.** Departament de Filologia Catalana i Lingüística General (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: gabriel.palma@foners.net

**Joan STELA.** Departament de Física (UIB). Campus Univ. Illes Balears. Carr. de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, Illes Balears. E-mail: joan.stela@uib.cat

**Gabriel TIMONER.** Departament de Biologia i Geologia, IES Sant Marçal. Plaça d'Andreu Torrens, s/n, 07141 Marratxí, Illes Balears. E-mail: gatimoner@hotmail.com



## IDEES QUE VAN CANVIAR EL MÓN

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

En el cicle *Idees que van canviar el món*, que organitzà la Societat d'Història Natural, s'exposaren les idees d'algunes de les persones que han contribuït a canviar el món amb el seu pensament, idees revolucionàries i descripcions de les lleis de la natura. Aquestes idees han ajudat a millorar de manera extraordinària la nostra vida quotidiana a partir d'una imaginació excepcional; la imaginació, segons Albert Einstein, *és més important que el coneixement, el coneixement és limitat, la imaginació abraça el món*.

A l'antiga Jònia, al voltant de l'any 600 aC, els primers filòsofs troben respostes a partir de la reflexió, la discussió i el raonament. És el pas del mite al *logos*. Entre aquests primers filòsofs sobresurten alguns, com ara Tales de Milet, considerat el primer gran pensador de la història, a qui s'atribueix la predicció d'un eclipsi de Sol; Anaximandre de Milet, que va experimentar amb els primers rellotges de Sol; Demòcrit d'Abdera, va introduir el concepte de partícula indivisible de la matèria i la va anomenar àtom (indivisible); o Euclides, autor del tractat de geometria *Elements*, sistema geomètric que va ser acceptat durant més de dos mil anys.

A l'època de la Grècia clàssica, que va durar fins el segle I dC, van aparèixer altres grans savis, com ara Arquimedes de Siracusa, autor de llibres sobre matemàtica i física, es prou conegut per un dels seus principis, anomenat d'Arquimedes, sobre el comportament dels sòlids submergits en un líquid, la llegenda diu que quan el va descobrir va sortir dels banys cridant *Eureka*; també aportà idees sobre palanques i politges, que resumia amb la sentència *Doneu-me un punt de suport i mouré el món*. Eratòstenes de Cirene, va ser director de la Biblioteca del Museu d'Alexandria, autèntic centre intel·lectual de la Grècia clàssica a partir del segle III aC, va escriure un catàleg de constel·lacions conegut com a *Catasterismes*, creà el mètode d'identificació dels nombres primers i també va ser capaç de mesurar el perímetre de la Terra amb una precisió extraordinària per l'època, segle III aC; Eratòstenes, va morir de fam per voluntat pròpia quan es va quedar cec, desesperat per no poder seguir llegint. Pitàgores, descobridor del teorema que porta el seu nom, juntament amb els seus deixebles estudiaven les lleis de la natura a partir del raonament i no tant a partir de l'experimentació. Aristarc de Samos, postulava que el Sol ocupava el centre del Sistema Solar; idea que es va abandonar durant segles.

El segle IV aC va conèixer un dels pensadors més influents de la història en la ciència i la filosofia, Aristòtil, les idees del qual es van tenir en consideració durant gairebé 2000 anys. Segons Aristòtil, la Terra estava quieta en el centre de l'Univers; hi havia dues zones ben diferenciades, a la primera, que anomenava *sublunar*, es trobava la Terra amb totes les seves imperfeccions, era la zona caòtica i estava formada per quatre elements, foc, aigua, terra i aire. L'altra zona, que anomenava *supralunar*, era perfecte i

estava formada per l'èter. Aristòtil, és el personatge del primer article d'aquesta monografia, que signa Miquel Ripoll amb el títol *Aristòtil i l'estudi dels éssers vius. Ontologia i història natural*.

Claudi Ptolomeu, al segle I dC, matemàtic i astrònom, escriu *L'Almagest*, obra mestra de l'astronomia en què descriu el sistema geocèntric, sistema que va ser vigent durant varis segles. A Alexandria va viure la matemàtica i astronoma Hipàtia, considerada per molts autors com la dona més culta de l'antiguitat; va escriure i va comentar sobre altres savis, com ara Ptolomeu, però malauradament no s'ha conservat res de la seva obra i només es conserven cites d'altres autors; va ser la darrera persona que dirigí la Biblioteca del Museu d'Alexandria; defensava el paganisme i per això va morir assassinada de manera cruel.

El segle I dC ja va marcar l'inici d'un període d'alentiment en el desenvolupament de les ciències, que es va veure accentuat durant l'edat mitjana, període supeditat a la teologia, tendència que va trencar la revolució cultural que significà el Renaixement italià. No obstant aquest període d'alentiment, gran part del coneixement de la Grècia clàssica es va conservar gràcies a la cultura musulmana i també a la ingent tasca dels monjos copistes medievals; procés de còpia manuscrita, aquest, que comportava alguns problemes d'errades o pèrdues irreparables de textos que es varen solucionar amb la invenció, al segle XV, de la impremta, atribuïda a Johannes Gutenberg.

El període medieval es va iniciar l'any 476 amb la caiguda de l'Imperi romà d'Occident, període en el qual mereixen una menció destacada pensadors, com ara Tomàs d'Aquino, defensor d'una filosofia més racional a partir de la qual diferenciava el pensament filosòfic del teològic. Gabriel Seguí ens descriu aquest filòsof amb l'article *Sant Tomàs: la fe que no renuncia a la raó*. Un altre destacat pensador, Ramon Llull, autor de *l'Art general*, obra que consisteix en una estructura lògica i que va escriure per a la conversió dels infidels, com un instrument missional. Maribel Ripoll documenta Llull en un article titulat *Ramon Llull i la ciència: un instrument per conèixer Déu*.

Amb el Renaixement, segles XV i XVI, s'inicià una revolució cultural i també científica; naixia el mètode experimental que trencava amb el mètode aristotèlic d'observació passiva, vigent aleshores. Aquesta revolució, anomenada gir copernicà, va venir motivada pel pensament d'una sèrie de savis, d'entre els quals sobresurt Nicolau Copèrnic que va descriure el model heliocèntric a l'obra *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre les revolucions de les orbes celestes), però també per altres savis, com ara, Thomas Digges, que va parlar per primera vegada d'un univers infinit. Tycho Brahe va recopilar un nombre extraordinari, per la seva època, d'observacions astronòmiques. Johannes Kepler que va definir les tres lleis planetàries a partir de les dades recollides per Tycho Brahe. Un altre pensador representatiu d'aquesta època és Galileu Galilei, autor de *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano* (Diàleg sobre els dos màxims sistemes del món, ptolemàic i copernicà), considerat el pare del mètode científic: les hipòtesis s'han de validar i ratificar a partir de l'experimentació.

D'aquest científic, Victòria Rosselló n'ha escrit l'article *Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna*.

De les idees més representatives del segle XVII, Nicolaus Steno, considerat un dels pares de la geologia, n'ha escrit un article Damia Crespi que ha titulat *Steno i el seu temps: una visió dels inicis de la geologia*. Cal destacar, el que per molts autors ha estat el científic més gran de tots els temps, Isaac Newton, autor la teoria de la gravitació universal amb la qual es podien provar les tres lleis planetàries de Kepler, en el seu llibre *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principis matemàtics de la filosofia natural); Newton també va crear noves eines matemàtiques, com ara el càlcul diferencial i integral, al mateix temps que Gottfried Leibnitz, encara que ambdós en reclamaven l'autoria. La notació de Leibnitz, més clara que la de Newton, és la que es fa servir actualment.

Al segle XVIII, el segle de la il·lustració, Carl von Linné, naturalista suec, va ideà un sistema taxonòmic de classificació de les espècies conegut com nomenclatura binària. Antoine Laurent Lavoisier, químic francès, considerat el pare de la química moderna, ens va llegar el seu *Traité élémentaire de chimie* (Tractat elemental de química). Sobre Lavoisier, Antoni Salvà ha escrit l'article *Lavoisier: la revolució química francesa*.

Després de la il·lustració, François Arago, figura representativa de la ciència del segle XIX, destacà per les seves tasques científiques i també per la participació a la campanya de mesura del meridià de París fins a les Balears. Sobre Arago, hi ha un article titulat *Una aventura per a la ciència: François Arago i el triangle 17*, a càrrec de Joan Bauzà i Joan Stela. El segle XIX també conegué Carl Friedrich Gauss, matemàtic que escriví sobre la teoria de nombres a la seva gran obra titulada *Disquisitiones Arithmeticae* (Disquisicions aritmètiques), Gauss també es dedicà a l'astronomia i dirigí l'observatori de Göttingen on escriví *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium* (Teoria del moviment dels cossos celestes que giren al voltant del Sol seguint seccions còniques). Michael Faraday va ser un dels autors del desenvolupament de l'electromagnetisme però va ser James Clerk Maxwell el que va conrear la teoria del camp electromagnètic. Charles Robert Darwin, naturalista anglès, autor de *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (Sobre l'origen de les espècies mitjançant la selecció natural, o la preservació d'espècies afavorides en la lluita per la vida); sobre Darwin, n'ha escrit un article Guillem Xavier Pons, titulat *Charles Darwin i l'origen de les espècies*. Dmitri Ivanovitch Mendelèiev, descobrí un sistema de classificació dels elements químics; Antoni Salvà ha escrit l'article titulat *Mendelèiev, la revolució química russa*.

A finals del segle XIX i primera meitat del segle XX, Santiago Ramón y Cajal, històleg aragonès, descobrí la independència de les cèl·lules nervioses i fou un dels impulsors de la neurociència; Gabriel Timoner ha escrit l'article titulat *Santiago Ramón y Cajal, impulsor de la neurociència moderna*. Marie

Curie i Pierre Curie destacaren pel descobriment de dos elements, el poloni i el radi, i iniciaren les investigacions sobre la radioactivitat.

Al segle XX, en el camp de la física, dues teories destaquen de manera extraordinària: la relativitat general, obra d'Albert Einstein, i la mecànica quàntica. Einstein va establir uns nous conceptes de la física a partir dels treballs, publicats l'any 1905, sobre l'efecte fotoelèctric, el moviment brownià o la teoria especial de la relativitat; la seva obra mestra, la teoria general de la relativitat, no la va publicar fins l'any 1915; sobre Einstein en podem llegir un article signat per Joan Stela, titulat *El creador de la relativitat: Albert Einstein*. La mecànica quàntica no és la teoria d'un sol autor, neix amb Max Planck, quan postula que l'energia està feta de quàntums, continua amb Einstein, quan demostra que la llum està feta de partícules que anomena fotons. Niels Bohr, director de l'Institut de Física Teòrica de la Universitat de Gottinga, continuà amb el desenvolupament de la mecànica quàntica; Bohr quan va descriure el seu model atòmic va incloure el quàntum d'energia de Planck-Einstein. L'any 1925, Werner Heisenberg descriu una teoria matemàtica sobre la mecànica quàntica basada en el caràcter corpuscular de la matèria; el mateix any, Erwin Schrödinger descriu una altra teoria matemàtica, en aquest cas, basada en el caràcter ondulatori de la matèria. Dos anys més tard, Heisenberg, també anuncià el principi d'indeterminació que duu el seu nom. Richard Feynman va aportar a la mecànica quàntica una idea innovadora, les partícules es desplacen d'un lloc a un altre per cadascun dels camins possibles.

Continuant al segle XX, també cal destacar altres genis, com ara Alan Turing, el primer gran teòric de la informàtica, durant la segona guerra mundial participà en el projecte de desxifrar els missatges criptogràfics de la màquina alemanya *Enigma*; va ser un dels pioners de la intel·ligència artificial i ideà una prova, anomenada de Turing, per demostrar si una màquina era capaç de pensar. Francis Crick i James Watson descobriren l'estructura del DNA. Stephen Hawking descobrí que els forats negres realment no són tan negres, poden emetre radiació, teoria coneguda com la radiació de Hawking.

Per acabar la monografia, hi ha un article de Lidia Cabeza, titulat *Jane Goodall: vida e implicación en el mundo de la primatología*. L'article parla sobre la tasca de la primatòloga anglesa Jane Goodall, prou coneguda pels estudis sobre els ximpanzés i per la seva implicació en la protecció tant d'espècies com dels seus hàbitats naturals.

Finalment, volem mostrar el nostre agraïment, tant per la redacció dels articles d'aquesta monografia com per la participació en el cicle de conferències, a Joan Bauzà, Lidia Cabeza, Damià Crespi, Maribel Ripoll, Miquel Ripoll, Victòria Rosselló, Antoni Salvà, Gabriel Seguí, Joan Stela, Gabriel Timoner i Guillem Vicens. També volem agrair a Joana Maria Cerdà, Carles Cabrera, Josep Lluís Pol i a la Junta Directiva de la SHNB la seva col·laboració amb l'organització del cicle de conferències.

**Antelm Ginard, Damià Vicens i Guillem X. Pons**



# Aristòtil i l'estudi dels éssers vius. Ontologia i història natural

Miquel Ripoll

---

Ripoll, M. (2016). Aristòtil i l'estudi dels éssers vius. Ontologia i història natural. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 13-30. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Aquesta ponència versa sobre l'estudi de la naturalesa i la realitat dels éssers vius realitzat pel filòsof grec Aristòtil (384-322 aC). En el treball es fa, en primer terme, una conceptualització del sistema aristotèlic a l'hora de categoritzar la realitat del que representen els éssers i el sistema de l'univers present en el recull de materials recopilats amb el nom de *Metafísica*. Acte seguit s'analitzen els principals treballs aristotèlics al voltant de l'estudi dels éssers vius, des del tractat teòric anomenat *De Anima* fins el recull de materials d'observació d'*Historia Animalium*, destacant el caràcter precursor dels seus treballs en l'àmbit de la descripció, observació, recull i teorització de material naturalista fins a la biologia moderna.

Una de les figures més rellevants de la història de l'esperit fou el gran Aristòtil (384-322 aC). En veritat, un cicle titulat *Idees que van canviar el món*, no pot prescindir del que representa la filosofia aristotèlica, i no per un, ni dos, sinó per nombrosos motius. Aristòtil, fundador de la seva pròpia escola, el Liceu, no només va dur a terme la consolidació de la sistematització

de les ciències al a la Grècia del segle IV aC sinó que encarnà, de manera paradigmàtica, l'ideal de vida filosòfica per excel·lència. Partint de la distinció entre sabers teòrics i pràctics, el filòsof estagirita dedicà la seva existència a intentar forjar un sistema que donés compte de tot el *que és*, cercant les causes darreres de les coses i projectant alhora, pel que fa a la realitat humana, un mode de vida on la recerca de la felicitat esdevenia la finalitat mateixa de l'obrar. És tal la força conceptual que rau a cada una de les branques d'aquest pensament, i la seva influència històrica, que intentar exposar-les acuradament superaria amb escreix el marc d'aquest conferència. A més, fent un acte de sinceritat, no podem deixar de mostrar el nostre profund respecte a l'hora de parlar d'aquesta gran obra teixida i forjada des de l'esperit filosòfic més profund.

No volem fer una mera exposició general del pensament aristotèlic, dibuixant el mer quadre d'una natura morta. Més aviat, el que volem, agafant el marc de referència del cicle, és aprofundir en un dels aspectes més interessants de la seva figura, la sistematització de l'estudi dels éssers vius. Així, sense entrar a considerar les possibles etapes en el desenvolupament intel·lectual d'Aristòtil i la influència del seu mestre Plató (427-347a.C.), posades de relleu al segle XX per Werner Jaeger<sup>1</sup>, volem oferir una lectura 'naturalista' de la seva obra, si per tal entenem l'interès extraordinari per donar compte de la Naturalesa en totes les seves expressions. Un mode de concebre l'estudi natural que quedà gravat en descripcions molt detallades que, tot i els errors a la llum dels coneixements actuals, despertaren una gran estima en personalitats com Buffon, Darwin o Cuvier<sup>2</sup>.

Aristòtil, des d'aquest punt de vista, es pot considerar el pare de la zoologia i el precursor de la biologia científica. El Liceu, fundat durant la segona estada d'Aristòtil a Atenes l'any 335 aC, es convertí en tot un centre de referència del saber. La sensibilitat conreada a l'escola peripatètica, hereva de l'observació metodològica introduïda per la medicina del segle V aC, dóna compte d'un interès per l'observació, caracterització i classificació de totes les branques de la realitat viva. Així, ens trobem amb una sensibilitat preocupada, més enllà de la recerca d'una 'filosofia primera' o per la reflexió ètica i política, per donar cura i compte de les realitats singulars que s'observen a la Naturalesa i els seus processos de generació i corrupció; creixement i reproducció. Un interès per comprendre l'ordre diví del cosmos, sense rebutjar cap de les parts més minúscules que conformen els éssers del món sublunar, atenent a l'anàlisi de les seves característiques anatòmiques i fisiològiques. Aquest fet, encara que a nosaltres ens pugui semblar poca cosa, avesats a l'acumulació d'experiència empírica en l'estudi dels éssers vius, representà una gran revolució en la història del coneixement. Com diu Jaeger, ens hem de posar en la pell d'un grec mitjà del segle IV aC per entendre el rebuig i

---

1 Jaeger, W. (2008). *Aristóteles*. Ed. FCE, México.

2 Barona Vilar, J. Lluís. (2003). *Història del pensament biològic*. Universitat de València, 2a ed.

l'aversion que podia suscitar l'estudi de la fisiologia animal, sobretot en un context metodològic marcat per l'especulació filosòfica platònica, més centrada en el model matemàtic. En aquest sentit, el Llibre I de Parts dels animals, obra que més endavant caracteritzarem, és tota una exhortació a l'estudi de la Naturalesa. Com a mostra d'aquesta sensibilitat per les realitats naturals, ens diu Aristòtil:

*«No hem, per tant, de retrocedir amb infantil aversió davant l'examen dels més humils dels animals. Tot regne de la Naturalesa és meravellós; i com Heràclit, quan els estrangers que venien a visitar-lo el trobaren escalfant-se a la llar de la cuina i vacil·laven a entrar, els convidà a passar sense temor, assegurant, segons es referix, que les divinitats també estaven presents en aquella cuina, així nosaltres aventurem l'estudi de tota classe d'animals sense disgust, doncs cada un i tots ens revelen quelcom de natural i bell. Absència d'atzar i direcció de tot cap un fi es troba en les obres de la Naturalesa en més alt grau, i el terme resultant de les seves generacions i combinacions és una forma de bellesa». (De partibus animalium 645a15-25).*

Aquest fragment, d'una gran bellesa, representa tota una declaració metodològica. Amb tot, abans d'analitzar els tractats i materials sobre biologia i zoologia, intentem caracteritzar el que representa per Aristòtil aquesta finalitat de la Naturalesa. Això ens obligarà a parlar, sobretot, de l'ontologia aristotèlica que, respecte els éssers vius, tindrà la seva expressió en l'estudi de l'ànima com actualització del vivent. Ho farem d'una manera breu i general, sobretot per no abusar de la paciència de l'auditori. Dos són els problemes que tractarem, cabdals per a la filosofia grega, el moviment i l'entitat. I ho farem, preferentment, sobre la base dels llibres i materials recopilats amb el nom de *Metafísica*. Aristòtil parteix de la consideració, recurrent a totes les seves obres, de que la natura no fa res debades. La Naturalesa, en constant dinamisme, s'ordena teleològicament en vistes a un finalitat, el que garanteix una regularitat. De fet, el problema de la regularitat, el que ens permet parlar d'un *cosmos* ordenat, està a la base mateixa de la Filosofia des del seu naixement. Així, la concepció aristotèlica, presenta una prioritat de la causa final com a determinació darrera del *què és*, fet que garanteix l'actualització de la forma i un ordre inherent en l'esdevenir.

En aquest sentit, el problema del moviment és determinant. Aristòtil intenta rebatre la postura de Parmènides, que negava la possibilitat del moviment (en assegurar que no es possible el pas del 'no-ésser' a 'l'ésser') intentant cercar un subjecte o substrat a la base del canvi. Així, el moviment, el canvi, és el pas d'una *privació* a una *forma*, sobre la base d'un substrat concret. Això li permet distingir entre diferents tipus de moviments, que resultaran cabdals per entendre el finalisme dels éssers vius. En aquest sentit, i

sempre fent referència a l'esdevenir en el món sublunar, és pot distingir entre el moviment accidental, que és tot canvi de mida, qualitat o lloc, i el generatiu. Aquest darrer és el que ens interessa. Tot canvi generatiu és el pas d'una potencia a un acte. És a dir, un procés d'actualització d'una entitat determinada. Posant un exemple, podem dir que un fragment mineral i una oliva no són una olivera. Però mentre el mineral no té possibilitat d'esdevenir-hi, el pinyol d'oliva, si es donen les condicions adequades, sí que ho pot fer. Té la potencialitat, en el seu propi interior, d'arribar a ser una gran i esponerosa olivera, d'aquelles tan preuades a la Mediterrània. Aquest moviment generatiu és, per tant, un procés de consecució formal, o essencial, del que fa que l'olivera concreta sigui el que realment és.

Ara bé, el 'que és' és diu en molts de sentits, i intentar determinar aquest sentit originari, és el que representa la filosofia aristotèlica com la recerca d'una 'filosofia primera'. Formulats de manera molt general, i sempre agafant com a referent el marc del sensible i les entitats naturals, per Aristòtil el 'que és', és allò concret i determinat, que anomena *ousia* o entitat, i que tradicionalment ha estat traduït per 'substància'. En el nostre exemple, seria l'olivera individual i concreta. És així, per exemple, que s'ha d'entendre el paper determinant de l'entitat en el quadre de les categories i que els gèneres i les espècies, en el nostre cas 'vegetal' i 'olivera', tinguin la seva base de referència en l'entitat individual. Això, a la vegada, es tradueix en el fet que l'entitat representa tant la base del real com la unitat de referència predicativa, el que assegura la validesa del principi de no contradicció. Citem, encara que sigui de manera descontextualitzada, un fragment del llibre VII de la *Metafísica* que dóna compte de la prioritat de l'entitat com a sentit 'primer' i la importància d'aquesta qüestió per a la filosofia grega:

*«Però 'primer' es diu en molts de sentits. Doncs bé, en tots ells és primera l'entitat: en quant a la noció, en quant al coneixement i en quant al temps. En efecte, cap de les altres coses que es prediquen es capaç d'existència separada, sinó només ella (...) Amb el que la qüestió que s'ha indagat des d'antic i ara i sempre, i que sempre resulta aporètica, què és 'el que és', ve a identificar-se amb aquesta: què és l'entitat?». (Metafísica 128a30-128b5).*

Així, tornant al nostre exemple d'entitat natural, i sense entrar encara en la caracterització biològica, què és aquesta olivera concreta? Per Aristòtil és un compost, un *synolon*, de matèria i forma. Un compost, generat pel fruit d'una altre olivera concreta, que té una potencialitat inherent a la matèria i una forma que fa que sigui el 'que és' a través del procés de consecució cap a la finalitat de la plena actualització. És així que ens trobem davant quatre causes que donen compte d'aquesta entitat: una causa material, una formal, una causa agent i una de final. Ara bé, tot i dotar de consistència ontològica i real al

procés de generació, el problema rau en assegurar la darrera d'aquestes causes; és a dir, en assegurar la regularitat.

Si, d'una banda, partim del fet que Aristòtil considera que tot el que es mou és mogut per un altre i que no poden existir infinits motors i, d'altra banda, atorga una prioritat a l'acte sobre la potència, és a dir, a la forma sobre la matèria, que és el que assegura ontològicament el procés generatiu? Què és el que assegura la regularitat i l'ordre de la Naturalesa? En definitiva, que és el que garanteix, en la concepció aristotèlica, que el canvi no sigui accidental o atzarós i que la llavor de l'olivera doni com a resultat una olivera i no una alzina? Doncs la resposta que ens dona Aristòtil, en el llibre XII de la *Metafísica*, és l'existència d'un Primer Motor Immòbil, principi i causa final del moviment de tot l'Univers. Aquest motor, anomenat Déu, és forma pura, acte pur i activitat intel·lectiva viva i eterna. Un Déu que es concep com Intel·lecte, pensament de pensament, que representa el paradigma de tot el procés d'actualització. Un estat intel·lectiu continu que l'ésser humà pot experimentar, encara que sigui per breus moments, a través de l'actualització del intel·lecte en el conèixer. Un estat, que reporta goig i plaer, i que representa, podem dir, la finalitat de la vida teòrica. Com a mostra d'aquesta caracterització, ens diu Aristòtil:

*«Així doncs, si Déu es troba sempre tan bé com nosaltres a vegades, és quelcom admirable. I si encara s'hi troba més, més admirable encara. I s'hi troba. I en ell hi ha vida, doncs l'activitat de l'enteniment és vida i ell s'identifica amb tal activitat. I la seva activitat és, en sí mateixa, vida perfecta i eterna. Afirmem, doncs, que Déu és un vivent etern i perfecte. Així doncs, a Déu correspon viure una vida continua i eterna. Això és, doncs, Déu».*  
(*Metafísica* 1072b20-30).

Arribats fins aquí, deixem de banda la realitat de les entitats suprasensibles i el Primer Motor Immòbil. Tornem a la superfície del món terrenal i observem el bast espectacle de formes que constitueixen la natura viva, subjecta a generació i corrupció. Així, una vegada caracteritzada la base ontoteològica aristotèlica, passem a considerar l'estudi dels éssers vius a través dels tractats zoològics més importants. Val a dir, que així com de Plató el que ens arribat són un gran conjunt de 'diàlegs', d'Aristòtil conservem, majorment, 'tractats'. Són obres d'un estil molt més 'teòric' que recullen bona part dels materials de discussió i anàlisi que s'haurien fet servir en el Liceu.

Així, l'obra biològica d'Aristòtil, que ha arribat fins a nosaltres, consta d'un total de sis tractats majors. De manera general, podem dir que són obres tant teòriques, com descripcions i reculls d'anatomia comparada. Alhora s'exposen acurades observacions morfològiques i comportamentals de centenars d'animals. També s'han conservat un conjunt de quinze tractats menors agrupats amb el nom de Parva Naturalia. Aquestes petites obres, que ens molts casos representen la continuació de problemes ja plantejats, tracten

de diferents esferes de la vida animal, com la sensació, la memòria, el somni, la vigília o la longevitat de la vida. A més, entre d'altres, analitzen la respiració dels animals i les relacions metodològiques entre sabers limítrofs com la medicina i la biologia. En aquesta recull d'obres menors es refereix l'existència d'un tractat, que no ha arribat fins a nosaltres, anomenat *De les plantes*. En aquest sentit, cal apuntar que Aristòtil es dedicà, de manera preferent, a l'estudi zoològic deixant l'observació botànica per al seu deixeble, Teofrast. Altres dues obres que apareixen referides en el material conservat, anomenades *De zoologia i Anatomia*, també s'han perdut. Pel que sembla, aquesta darrera incloïa il·lustracions anatòmiques molt acurades que s'haurien utilitzat en les lliçons de l'acadèmia peripatètica.

Entre els tractats majors, l'obra biològica més important és el *Sobre l'ànima*. Dividit en tres llibres, desenvolupa una crítica a les nocions d'ànima precedents (sobretot les concepcions de Demòcrit, Empèdocles i el *Timeu* platònic) i estableix una gradació ontològica dels éssers vius en funció del desenvolupament de les funcions vitals. Alhora, com veurem, analitza la sensibilitat i la relació dels cinc sentits. En el llibre III també apareix la famosa distinció entre Intel·lecte actiu i passiu, que ha tingut molta influència en la història de la Filosofia, però que nosaltres no tractarem.

Si hem dit que un ésser viu és un compost de matèria i forma en procés d'actualització, podem entendre l'ànima com l'actualització de les funcions corporals. És a dir, l'actualització formal que fa participar de la vida a una entitat concreta. En el nostre exemple, serien les funcions metabòliques que fan viure i créixer esponerosament a l'olivera. Així l'ànima és el principi essencial del vivent, com a tal, que fa que el cos no sigui el mer agregat d'òrgans, com seria el cas d'un cadàver o el troc d'un arbre mort.

Sense entrar en el problema de si existeix o no un dualisme estricte entre ànima i cos, el cert és que la visió aristotèlica, que podem anomenar 'vitalista' (per la força vital amb que s'expressa el principi anímic), contrasta, per exemple, amb la visió desenvolupada a la Modernitat per Descartes, on apareix una dualisme taxatiu, pràcticament incomunicable, que refereix o explica la realitat corporal des d'un model estrictament mecanicista<sup>3</sup>. En aquest sentit, podem dir que Aristòtil té una visió 'funcionalista' de les parts del cos, és a dir, primer és la funció i després l'òrgan. Per exemple, això es tradueix, en la nostra olivera, en que l'estudi de les arrels és fa a partir de la funció primera de la nutrició. O bé, fent ús d'una analogia arquitectònica recurrent a l'obra aristotèlica, primer és la casa i després són els materials de construcció, el que implica que per estudiar la vida em d'observar l'actualització de tot conjunt viu i no només els materials, les parts mortes i mancades de vida. Aquest esquema, que permet un estudi comparat dels animals en relació a les funcions, l'hem de tenir sempre present quan parlem de l'estudi de l'anatomia i la fisiologia dels animals a les obres posteriors.

---

3 Per veure i analitzar el model mecanicista de DESCARTES es possible consultar el *Discurs del mètode*, Edicions 62, Barcelona 2013.

És així que Aristòtil, pel que fa als éssers naturals, estableix l'existència de tres graus ontològics que es corresponen a les funcions de tres 'tipus' d'ànima: els vegetals, els animals i l'home. Les funcions són acumulatives en els graus superiors però no a la inversa. Així, el grau més ínfim d'ànima és la vegetativa, única que posseeixen els vegetals i comuna a la resta d'éssers naturals. Aquesta ànima inclou les funcions bàsiques de la nutrició, és a dir, el metabolisme, i la reproducció. És doncs el grau més mínim d'ànima del que participa l'olivera. En el segon grau trobem l'ànima sensitiva, comuna a tots els animals i a l'home. Aquesta anima inclou la sensibilitat, que s'expressa, al menys, amb la presència del sentit del tacte, i en la majoria d'animals, la imaginació, que representa una prolongació de la sensació i que permet la representació d'objectes que no es troben presents. L'ànima sensitiva, a més, expressa la capacitat del moviment de translació. Així, els animals, a diferència de les plantes, a banda de créixer de manera generativa, també es poden moure i canviar de lloc. De fet, això el que vol dir el terme 'animal', quelcom que posseeix ànima, que està animat, que es mou. Finalment, trobem l'ànima racional, pròpia de l'ésser humà, que evidentment inclou les dues anterior, però que presenta, com allò específic, la possessió del *logos*. És a dir, la possessió de la facultat discursiva i intel·lectiva.

Pel que fa a l'anàlisi de la sensibilitat, un dels aspectes més interessants d'aquest tractat, Aristòtil aplica l'esquema de la potència i l'acte. La sensació és l'actualització dels sentits del vivent, que es troben en potència. Per exemple, tenim en potència la capacitat d'escoltar encara que no escoltem res i quan percebem una renou o escoltem una peça musical actualitzem aquesta capacitat. Però cal entendre que, pel que fa als òrgans, el sentit sempre és primer, és a dir, l'escolta abans que l'orella. En el cas de la racionalitat, l'esquema és el mateix, actualitzant la capacitat intel·lectiva amb la intel·lecció. Partint d'aquesta caracterització, Aristòtil determina l'existència de cinc sentits, els que tots nosaltres coneixem: tacte, gust, olfacte, oïda i vista. Amb tot, volem destacar l'extraordinari paper que el filòsof atorga al tacte.

Aristòtil considera que el tacte és la referència bàsica dels animals i la base mínima de la sensibilitat i la sensació. Assegura que tots els vivents animals (que, per exemple, poden estar privats d'ulls per a mirar) comparteixen aquest sentit, que esdevé la base mateixa de la supervivència. De fet, en molts animals, acaba referint el sentit del gust al tacte. El món animal és sempre un món de contacte. I per comprovar-ho, basta que facin conscient el fet que en aquests moments es troben asseguts sobre una superfície. En el tacte, com a referència interna, hi participa tot el cos. Així, encara que Aristòtil no ho digui d'aquesta manera, podem afirmar que el sentit del tacte, almenys durant la vigília, es troba sempre en estat d'actualització, referint l'orientació bàsica del nostre ésser-en-el-món. Però Aristòtil assegura una cosa encara més important, afirma que allí on hi ha tacte, sensibilitat, existeix plaer, dolor i desig. Per explicar, per exemple, perquè la sensació de dolor serveix d'orientació, podem fer ús d'una dita popular que, en la seva literalitat, en deixa ben clar el sentit: 'gat escaldat d'aigua freda tem'. Amb tot,

per desig, basta entendre el que mou l'animal a cercar menjar o reproduir-se. Com a distinció entre ànima vegetativa i sensitiva, i en referència al tacte, en el Llibre II, trobem el següent:

*«En les plantes només es dona la facultat nutritiva, mentre que en la resta dels vivents es dona no només aquesta, sinó també la sensitiva. D'altra banda, en donar-se la sensitiva es dona també en ells la desiderativa. En efecte: l'apetit, els impulsos i la voluntat són tres classes de desig; ara bé, tots els animals posseeixen almenys una de les sensacions, el tacte, i en el subjecte que es dona la sensació es dona també plaer i dolor -el plaent i el dolorós-, llavors si es donen aquests processos, es dona també l'apetit, ja que aquest no és sinó el desig del plaent». (De anima 414a30-414b10).*

Deixem de banda, però, aquest tractat, més filosòfic, i centrem-nos en els tractats estrictament zoològics. Primer de tot cal ressenyar que Aristòtil, tot i la classificació en generes, espècies i el seu anàlisi comparatiu, no presenta una taxonomia acabada, o un interès precís per fer-ho, com podríem trobar a Linneu. De manera general, classifica els animals en funció de la presència o absència de sang, el medi en que habiten (si són terrestres o aquàtics) i el seu mode de reproducció. Així, si es gafa el conjunt de l'obra, es poden apreciar, dins els grans grups classificatoris, algunes variacions. Aquest fet ha provocat, que a l'hora d'intentar reconstruir el quadre classificatori, s'hagin donat diferents versions. Amb tot, atenent a la classificació que detalla Ch. Singer a la seva *Història de la biologia*<sup>4</sup>, Aristòtil divideix els animals, en primer terme, en dos grans grups: els animals sanguinis (que correspondrien als vertebrats) i els no sanguinis (o invertebrats).

Dintre el grup dels sanguinis, tots els quals tenen cor i poden presentar pulmons o brànquies, el filòsof distingeix dos grans grups: els vivípars i els ovípars/ovovivípars. En el cas dels vivípars, en primer lloc ens trobem a l'ésser humà; en segon lloc, els gènere dels cetacis (sobretot dofins i balenes) i en tercer lloc, els quadrúpedes vivípars. Dins aquesta darrera classe hi trobem la divisió de dos grups de remugants. En el cas dels ovípars o ovovivípars, la classificació aristotèlica es realitzaria en funció de la perfecció dels ous. Els animals d'ous perfectes es divideixen en tres grups. En primer lloc, el gènere de les aus, que es subdivideixen, alhora, en quatre grups: de rapinya, les nedadores palmípedes, els coloms, l'avió i el blauet ('Martín pescador') i la resta d'aus. En segon lloc, els quadrúpedes ovípars o amfibis, la majoria rèptils. I en tercer lloc, se situen les diverses espècies de serps. En el grup d'ous imperfectes trobem els peixos, subdividits entre selacis o cartilagininosos, i tota la resta.

---

4 Recollit a Barona Vilar, J. Lluís, *Història del pensament biològic*, Universitat de València, 2003, 2a ed.



Dintre el grups dels no sanguinis, que poden ser vivípars, vermípars amb brots o de generació espontània, la classificació aristotèlica presentaria quatre grups. El primer, el grups d'ous perfectes, entre els que s'inclouen els gènere dels cefalòpodes i el gènere dels crustacis. En segon lloc, el grup d'ous especials, en el que trobem tots els insectes, les aranyes i els escorpins. En tercer lloc, els provinents de la substància generativa viscosa o brots de generació espontània, que serien tots els mol·luscs no cefalòpodes i els equinoderms. Finalment trobaríem, manifestant, com en l'anterior grup, un dels grans errors de la zoologia aristotèlica, el grup dels engendrats per generació espontània, representat, entre d'altres, per les esponges i els celenterats.

Així, *Parts dels animals*, ja citat al principi de la nostra exposició, és un altre dels tractats zoològics destacats. Dividit en quatre llibres, l'obra representa un manual d'anatomia funcional comparada. Aristòtil hi analitza, sobretot, els teixits, òrgans i membres dels animals sanguinis. El Llibre I representa una introducció metodològica, referint la necessitat de l'ordre finalista i la necessitat les causes en relació a la constitució de la forma. L'agrupació de les funcions i òrgans es fa del comú a l'específic. Primer les parts comunes a tots els animals (com els teixits de la carn, els ossos, la sang i el semen), després les parts comunes d'una determinat grup (com els òrgans dels ulls, la boca i el bec) i, finalment, les parts particulars, si es dona el cas, d'una determinada espècie (com seria el cas dels esperons en alguns animals). Aristòtil recorre, a més, a l'analogia entre els diferents gèneres, comparant, per exemple, plomes i escames per explicar la funció protectora. En aquest sentit, les parts generals es poden dividir en parts per a l'obtenció d'aliments, parts on rau el principi de vida, vísceres i òrgans interns, i les parts per a l'expulsió dels residus.

Entre el material recopilat per Aristòtil ressalta la descripció del cor, la funció dels pulmons, estómac, vísceres, ronyons i estructura òssia. També es fa una detallada caracterització del cervell, compost per terra i aigua, donant prioritat, però, a les funcions cardíaques i vasculars. De fet, volem remarcar el caràcter central que Aristòtil atorga al cor i el sistema sanguini, tot i desconèixer el mecanisme del sistema circulatori. Considera que el cor, com a principi/receptacle de la sang i centre anímic de referència de la sensació, desenvolupa la funció vital més important de tots els animals sanguinis, destacant el paper de la sang com a distribució de matèria a la resta del cos. Per exemple, sobre aquest caràcter central del cor, en el Llibre III trobem la següent caracterització:

*«En efecte, només en ell [el cor] entre les vísceres i la resta del cos existeix sang sense venes, mentre que cada una de les altres parts té la sang a les venes. I és lògic, doncs la sang flueix des del cor a les venes, però no ve al cor de cap altre part: el propi cor és principi o font de la sang i el seu primer receptacle. Això és totalment evident a partir de les disseccions i l'embriologia, doncs el cor,*

*que sorgeix el primer de tots els òrgans, està immediatament ple de sang. A més, els moviments causats pel plaer i el dolor, i per tota la sensació en general, comencen evidentment aquí i en ell conclouen. I això ocorre així també d'acord amb la raó, doncs és precís que hi hagi un sol principi allí on és possible. El centre és la zona més adequada de totes: el centre és, doncs, únic i accessible per igual en totes direccions, o quasi». (De partibus animalium 666a1-20).*

També es pot ressaltar les descripcions de parts com la boca, el nas (o el bec, en el cas dels ocells), la llengua, les funcions de les ungles, la bufeta o les glàndules mamàries. Amb tot, en aquest apartat de detall, tot i que es podria ressaltar la descripció de la mà, i el seu ús determinant per a l'home, volem destacar la descripció que fa de les dents. Aristòtil les considera tan des del punt de vista de l'alimentació com, en un gran nombre d'animals, des del punt de vista de la caça i la defensa. En el cas de l'home, també considera la seva mida en funció de l'ús del llenguatge. En aquest sentit, en el Llibre III, trobem la següent caracterització:

*«Les dents tenen la funció comuna de mastegar l'aliment i una funció pròpia segons els gèneres; en uns per al combat, amb aquesta divisió: per atacar i per a defensar-se. Alguns realment, els tenen per a les dues funcions, tant per a defensar-se com per atacar, per exemple tots els animals carnívors salvatges i domèstics. En canvi, l'home té les seves dents ben adaptades per a l'ús comú, les davanteres afilades per esquinçar, els molars plans per a triturar. Els canins estan en el límit entre uns i altres, estan enmig dels dos per naturalesa, i ja que el punt mitjà participa dels dos extrems, els canins són, d'una banda, afilats i, de l'altre, plans. Al mateix ocorre amb altres animals que no tenen totes les dents afilades. Però especialment, tant en forma com en nombre, li serveixen per al llenguatge, doncs les dents davanteres contribueixen molt a la producció de les lletres». (De partibus animalium 661a35-661b15).*

Finalment, aquest tractat inclou l'anatòmica d'insectes, crustacis, zoòfits, testacis i cefalòpodes. En aquest sentit, ressalta la descripció dels eriçons de mar, que veurem amb més detall quan tractem de l'obra anomenada *Història dels animals*. Aristòtil considera que aquesta espècie té un lloc especial entre el gènere dels testacis, degut, sobretot, a l'extraordinària protecció que li confereixen les seves punxes.

Al costat de *Parts dels animals*, trobem altres dos tractats majors, anomenats *Moviment dels animals* i *Marxa dels animals*, que aborden el problema de la generació i la locomoció. El primer és una síntesi de

l'explicació del moviment a l'Univers i del procés de generació i corrupció, que ja hem exposat. A banda de la necessitat del Primer Motor Immòbil, es caracteritzen el moviment dels éssers amb ànima a través de l'apetit, el desig i, en el cas de l'ésser humà, també la intel·ligència. El segon tractat, molt més interessant des del punt de vista de la zoologia, elabora una classificació dels diferents mitjans motrius dels animals marins i terrestres.

Aristòtil, a *Marxa dels animals*, considera que la locomoció es fa en funció de tres graus en l'escala animal: els adherits a terra (per exemple un cargol), els que habiten el grau mitjà (que serien tots els quadrúpedes) i els que apunten al grau superior que apunta al cel (en aquest cas l'ésser humà). Per al filòsof, el nombre de peus dels animals sempre és parell i, erròniament, atorga un rang major a la part dreta com a gènesi de la translació. Segons es refereix, els animals sanguinis es mouen a través de quatre o dos punts de suport. Com hem apuntat, defineix l'home com l'únic animal bípede que camina dret, el que el fa participar d'un major rang ontològic i explica, a la vegada, el major desenvolupament de les extremitats inferiors. En aquest sentit, com diu el filòsof, respecte la formació de les extremitats durant el creixement:

*«Per això l'home, que és l'únic animal dret, té les cames, en relació a la part superior del cos, més llargues i més fortes entre els animals que tenen peus. I aquest fet es manifesta pel que ocorre en els nins petits: en efecte, ells no poden caminar drets per ser en tot semblant als nans i tenir les parts superiors del cos més grans i fortes que les inferiors. En transcórrer l'edat, creixen més les parts inferiors, fins adquirir la mida adequada, i llavors caminen amb els cossos drets». (De animalium incessu 710b10-15).*

El filòsof grec estudia, a més, les flexions articulatòries i la necessitat funcional de coordinació amb els braços, el que permet a l'ésser humà adoptar una postura frontal polivalent i realitzar un gran nombre de moviments. Respecte als rèptils, com cocodrils, llangardaixos o tortugues, tan marines com terrestres, assegura que tenen les cames aferrades al cos per permetre el retraïment, incubar i vigilar els ous. Pel que fa a les aus, considera que les potes i les ales es troben perfectament coordinades, el que implica que si falta alguna d'aquestes parts per separat, no poden ni volar, ni caminar. Alhora, atorga al carpó, en la gran majoria d'aus, un paper molt important en la direcció del vol, comparant-la amb el timó d'un vaixell. Com a curiositat, es pot destacar que considera que els crancs són els únics animals amb potes que no caminen cap endavant sinó de costat, però, com que la natura no fa res de bades, els seus ulls es poden moure lateralment, permetent la coordinació visual del moviment.

Un altre de les obres biològiques d'Aristòtil és l'anomenada *Reproducció dels animals*. La crítica filològica el situa com l'obra zoològica

més madura i es considerat, com a tal, el primer tractat d'embriologia. Només referí que l'obra, que inclou un total de cinc llibres, analitza des de la morfologia de les parts sexuals, fins els caràcters hereditaris variables, com el color dels ulls; passant per la descripció del desenvolupament embrionari i el temps de gestació dels animals vivípars. També analitza la reproducció dels ovípars, ovovivípars i insectes, en especial les abelles. Al final del Llibre III es troba referit, a banda dels animals que, segons el filòsof, es generarien per brots de generació espontània, com els musclos; els que ho fan estrictament a través de generació espontània, que serien les esponges, totes les larves o l'anguila. Els éssers de generació espontània s'engendrarien a la terra o les plantes en estat de putrefacció.

Amb tot, partint de la base que un ésser viu, que com entitat concreta que em vist, és un compost de matèria i forma, Aristòtil, que evidentment no coneixia l'existència de l'espermatozou i l'òvul, considera que el mascle és qui transmet la forma, mentre que la femella, a qui considera com un mascle que no s'ha acabat de desenvolupar, només aporta la part material. L'esperma informa la matèria menstrual, definida com a secreció seminal incompleta, introduint el principi anímic que permetrà, primerament, la formació del cor i, posteriorment, la resta de parts de l'embrió. Així, en el Llibre II, trobem la següent caracterització del procés de fecundació:

*«Quan la secreció de la femella a l'úter adquireix consistència per l'acció del semen del mascle, aquest actua de forma semblant al quallat sobre la llet: ja que també el quallat és llet que conté una escalfor vital que concentra el que és igual i li dóna forma; i el semen es troba amb la mateixa situació respecte a la substància de les menstruacions, doncs la natura de la llet i les menstruacions és la mateixa. En efecte, quan la part sòlida es concentra, el líquid s'expulsa, i quan se sequen les parts terroses es formen membranes als voltants, no només per necessitat sinó també amb un fi. I és que, necessàriament quan les coses s'encalenteixen o es refreden, la superfície extrema se seca, i és precís que l'ésser viu no estigui dins d'un líquid sinó separat. Algunes d'aquestes cobertes s'anomenen membranes i d'altres corins, que es diferencien pel més i el menys. Es troben per igual en els ovípars en els vivípars». (De generatione animalium 739b20-35).*

Em deixant per al final, tot i que hauria d'haver sigut la primera en tractar, la que sens dubte és l'obra més interessant des del punt de vista de la història natural, *Història dels animals*. Aquesta tractat, compost per deu llibres, alguns dels quals es posa en dubte l'autenticitat i que haurien pogut ser afegits pels deixebles, és el més antic del conjunt zoològic i constitueix un vast recull d'observacions empíriques. Aristòtil hi descriu o referix, tan a

partir de les pròpies investigacions i disseccions, com a partir del recull de testimonis i fonts literàries, més de 500 espècies animals. S'hi descriu tant l'anatomia i la fisiologia d'animals sanguinis com a no sanguinis, així com la generació, el desenvolupament o la reproducció. També es recull un gran nombre d'observacions sobre el caràcter psicològic o anímic, la incidència de les malalties en algunes espècies, com el porc, els bovins o els cavalls, així com l'enginy dels animals en relació als hàbitats. L'ésser humà, com pràcticament a la resta de tractats, tot i gaudir d'un rang ontològic superior, en ser l'únic animal dotat de logos, és situat al bell mig de les anàlisis del vast regne animal.

Tot i no oferir una catàleg complet dels éssers vius, i les errades remarcables que s'hi puguin trobar, el tractat representa, a parer nostre, una joia històrica del naturalisme. Algunes de les descripcions, a més de la sobrietat i el rigor, resulten d'una gran bellesa literària, sobretot si es compara amb l'estil filosòfic d'altres branques del pensament aristotèlic. Pel que fa als animals terrestres, hi apareix detallat el caràcter, la morfologia o la fisiologia de l'home, la moneia (que situa entremig de l'home i els animals de quatre potes), el mul, l'ovella, la cabra, el cérvol, els ossos, els cavalls, els bovins, el senglar o depredadors 'nobles', com el lleó, o 'salvatges' i carronyaires, com el llop i les hienes. També es detalla, entre d'altres, la morfologia de guineus i llebres.

Pel que fa a les aus, sobresurt el tractament dedicat al colom, el gorrió, les onelles o les perdius. En molts casos es detalla la textura del plomatge i els cicles de translació de les aus migratòries. També hi surt referida la reproducció de les gallines o apareixen descrits o referits l'àguila, el voltor, els cignes, les oques, l'òliba o el cucut. Pel que fa als rèptils, hi surten detalles les serps, tan terrestres com marines. Es detalla la morfologia del cocodril, sargantanes, tortugues, granotes i salamandres.

Dels animals marins, pel que fa als peixos, Aristòtil referix, entre d'altres, la perca, l'escorпора, l'esqual, el turbot o el peix torpede, descrit amb molta cura. Sobresurt, a més, el tractament dels cetacis, com la balena i el dofí. Val a dir, que el filòsof estagirita ja apuntà el caràcter de mamífers dels cetacis, un fet que passà desapercbut a tota la resta d'autors fins el segle XVI. La caracterització dels cefalòpodes també és remarcable, destacant la sèpia, el calamar, tan petit com gran i els pops. Respecte els crustacis, a banda del llamàntol, llagostes o gambetes, hi surt referida l'existència de nombroses i variades espècies de crancs, agrupats en quatre grups: les aranyes de mar, els *pagurus*, els crancs d'Heracleotis i els crancs de riu.

Pel que fa als testacis, Aristòtil classifica o descriu, fent referència a la morfologia de les conxes, tant els terrestres com els aquàtics. Hi apareix el caragol de terra, el de mar, diferents classes d'ostres o equinoderms com l'eriço de mar. En aquest darrer cas, que tot seguit citarem, la descripció de l'aparell bucal és tan precisa que encara avui se'l continua anomenat 'llanterna d'Aristòtil' per la metàfora que hi utilitza. Pel que fa als animals amb conxa,

els classifica en bivals, que es protegeixen o habiten a dintre, i univals, com el cas de la petxina, que manté una part carnosa al descobert.

L'estudi entomològic, finalment, és ben admirable. Aristòtil considera que els insectes, que distingeix en funció de si tenen o no ales, estan conformats per tres seccions comunes, representades en forma de toms: cap, troc i part inferior. En aquest gènere, cita o descriu nombrosos éssers com l'escarabat, la cantàrida, el cérvol volant, el borinot, el mosquit (que considera que neix de les larves del llot), la paparra, els polls, les llagostes de terra o la xigala. També hi surt referida la morfologia dels escorpins o l'existència de nombroses varietats d'aranyaes i taràntules. Amb tot, i sense cap mena de dubte, sobresurt el nombrós material recopilat de l'estudi de les abelles.

Per concloure, i davant la impossibilitat de caracteritzar amb cura tots aquest material d'observació empírica, volem citar, només a tall d'exemple, algunes descripcions que donen compte de l'esperit de detall aristotèlic. Pel que fa als animals terrestres, en volem destacar dos. El primer, encara que no sigui del tot representatiu, és el camaleó. Ho volem fer per donar compte de la cura que té Aristòtil en la caracterització d'aquest animal, referint les parts de la cara, el cos (aspere com el del cocodril), la seva llarga coa o el seu hàbitat. Sobretot, volem destacar la descripció del canvis de color. Així, en el Llibre II, trobem el següent:

*«El camaleó té la forma general del cos semblant a un llangardaix, però les costelles es dirigeixen cap avall i es troben al voltant de l'hipogastri, com ocorre amb els peixos, ja que també com ells l'espina dorsal es troba aixecada. La seva cara és molt semblant a la moneia. Posseeix una coa molt llarga que acaba en punxa i s'enrosca en un llarg tram com si fos una corretja (...) El canvi de color se li produeix quan s'infla d'aire. El seu color és negre no molt diferent al del cocodril i groguenc com els llangardaixos, amb taques negres com els lleopards. El canvi de color afecta a tota la superfície del cos, inclosos els ulls i la coa. Els seus moviments són particularment lents, com els de la tortuga. Quan s'està morint es torna de color pàl·lid i conserva aquest color una vegada mort».* (Historia Animalium 503a15-503b15).

El segon animal que volem destacar són els rosegadors, en especial les rates. Sobretot, tot i la manca de rigor, per la caracterització que se'n fa de la reproducció. Aristòtil considera la proliferació de cries un fet reproductiu incomparable, citant, a més, el testimoni de camperols sobre l'estrall que causen al camp o les històries populars sobre la fecundació. En el Llibre VI trobem la següent descripció:

*«La generació de les rates és el més extraordinari que hi ha en el regne animal, tant pel nombre de cries com per la rapidesa amb la qual donen a llum. És comú citar el*

*cas d'una femella prenyada tancada en un atuell amb gra de mill; quan es va obrir l'atuell després d'alguns dies van aparèixer cent vint ratolins. Tampoc s'explica l'origen de les rates als camps ni la seva extinció. En efecte, en molts llocs apareixen gran quantitat de rates, de manera que queda poca cosa de la collita (...) D'altra banda, res és més eficaç com les pluges quan aquestes arriben: llavors les rates desapareixen ràpidament. En una determinada regió de Pèrsia, si s'obre a la femella es trobem embrions amb femelles prenyades. Alguns diuen categòricament que si les femelles llepen sal queden prenyades sense necessitat d'aparellament». (Historia Animalium 580b10-581a).*

Pel que fa als animals marins, més que els peixos, ens volem referir, al gènere dels cetacis i, en concret, volem fer especial esment al dofí. Aristòtil sembla mostra una gran estima pels dofins, sobretot si es veu la caracterització que en fa de la morfologia i el comportament. Assegura que es tracta de l'animal més veloç de la naturalesa, un ésser noble i de bon caràcter, que es amable i curós amb la seva descendència. Amb tot, pel que fa a la respiració d'aquests animals, Aristòtil es dóna compte que consten de pulmons i que inhalen aire de l'exterior, el que el du a replantejar la definició d'animal aquàtic, tot i mantenir el conjunt dels cetacis dins aquesta darrera classe. En el llibre VIII trobem el següent:

*«El dofí és de tots els animals el que posseeix una organització més notable, i com ell altres éssers aquàtics que es pareixen i tots els demés cetacis que es comporten de la mateixa manera, com la balena i tots els animals amb espiracle. En efecte, no és fàcil col·locar a cada un d'aquests animals únicament entre els aquàtics o entre els terrestres, si per terrestres s'entén els éssers que inhalen aire i per aquàtics els que absorbeixen aigua. Doncs el dofí participa d'ambdues propietats: absorbeix l'aigua del mar i l'expulsa per l'espiracle i inhala aire amb el pulmó. Aquests animals, en efecte, tenen aquest òrgan i respiren, i per això el dofí agafat a les xarxes prompte s'asfixia per falta de respiració. I quan està fora de l'aigua pot viure llarg temps, emetent grunyits i gemecs com els demés animals que respiren. A més, quan dormen treuen el musell fora de l'aigua per respirar». (Historia Animalium 589a30-589b15).*

Entre les descripcions dels cefalòpodes volem destacar el pop, que distingeix de la resta d'espècies del gènere per la reduïda mida del mantell i l'allargada longitud dels tentacles. Aristòtil dedica als pops una llarga i acurada descripció referint l'existència de nombroses espècies, entre les que

destaca, en la seva terminologia: el pop gran, els pops petits comestibles, l'almizclat (que es caracteritza per la seva extensió i per tenir una sola filera de ventoses), el nautil o argonauta, i el pop caragol. Respecte els tentacles, es fa servir de l'analogia de mans i peus per explicar la seva funció, així com l'ús per a la reproducció i la defensa. En el Llibre IV trobem la següent caracterització:

*«El pop se serveix dels seus tentacles com de peus i mans i s'acosta el menjar amb els dos tentacles situats per sobre de la boca; del darrer que és el més acabat amb punxa, l'únic de color blanc i l'extrem del qual és bifit (aquesta bifurcació és la prolongació del raquis: s'anomena raquis a la part llisa oposada a la ventosa), doncs bé, d'aquest tentacle se serveix en els aparellaments. Davant el mantell i per sobre dels tentacles hi té un tub pel qual treu l'aigua que s'introdueix en el mantell, quan obre la boca per menjar. El pop dirigeix aquest tub tant a la dreta com a l'esquerra, i per aquí també n'expulsa la tinta».* (Historia Animalium 524a1-15).

Entre el grup dels crustacis, el recurs descriptiu dels crancs també es força recurrent, destacant la locomoció, la disposició de les pinces i l'anatomia interna. Amb tot, volem destacar la descripció de la llagosta, per donar compte de la distinció anatòmica en l'observació entre mascles i femelles, fet recurrent en algunes caracteritzacions aristotèliques. Així, en el llibre IV, trobem la següent descripció:

*«La llagosta mascle divergeix de la femella. En efecte, la primera pota de la femella és bifurcada, mentre que la del mascle constitueix un tot únic; la femella té les aletes ventrals grans entrecreuades prop del coll, en canvi, les del mascle són petites i no s'entrecreuen. A més, el mascle té les potes posteriors grans i amb punxes, semblant a esperons, però les de les femelles són petites i llises. D'altra banda, ambdós tenen davant els ulls dues antenes grans i rugoses i a sota altres petites i llises».* (Historia Animalium 526a1-10).

Entre els grups dels testacis sobresurt, com hem apuntat, l'eriçó de mar. Aristòtil constata l'existència de diverses varietats, com els que anomena 'comestibles', els espantangs, els bryssos, els que anomena eriçons matriu i altres dues classes locals. Sobretot és remarcable la descripció de l'aparell bucal. També descriu la membrana inferior a l'estomac, on rauen els ous sempre en nombre imparell, i que seria anàloga a la de tortugues, granotes o



cefalòpodes. Amb tot, la famosa 'llanterna d'Aristòtil' apareix caracteritzada en Llibre IV de la següent manera:

*«Ocorre que el cap, així com la boca, els eriçons les tenen a sota i el punt d'evacuació de l'excrement a dalt. El mateix ocorre amb els de conxa en espiral i les petxines. En efecte, procedint el menjar de sota, la boca està col·locada per menjar, i l'excrement està a dalt, a la part dorsal de la conxa. L'eriçó posseeix a l'interior de la boca cinc dents buides i entre les dents un cos carnós que fa de llengua. (...) Ara bé, la boca de l'eriçó és d'un extrem a l'altre continua, però en aparença, la seva superfície no és continua, sinó semblant a una llanterna sense la pell que la recobreix. L'eriçó es serveix de les seves pues com a potes; en efecte es recolza en elles i movent-les canvia de lloc». (Historia Animalium 530b20-531a10).*

Entre els insectes, ens volem referir a les abelles. Les nombroses descripcions d'Aristòtil son detallades, destacant des del seu caràcter i estructuració social, fins els cicles de recol·lecció de la mel. Val a dir que, com era comú a l'antiguitat, el filòsof creia que les abelles només recollien i emmagatzemaven aquest producte, no que el produïen. Amb tot, i encara que sigui erroni, volem destacar un fragment sobre la recol·lecció de la mel per mostrar la bellesa de l'estil. En el Llibre V, trobem:

*«El rusc de mel es fa de flors, però les abelles treuen els pròpolis de la resina dels arbres, i la mel és una substància que cau de l'aire, principalment a la sortida de les estrelles i quan s'estén l'arc de Sant Martí. En general no hi ha mel abans de l'aparició de les Plèyades (...) L'abella treu la mel de totes les plantes que produeixen flor en un calze, i de totes les que tenen un sabor dolç, sense danyar cap fruit. Les abelles agafen els sucus d'aquestes flors amb l'òrgan que es pareix a la llengua. Es castren els ruscs quan apareix la figa silvestre. Les abelles produeixen les larves millor quan lliben la mel. L'abella transporta la cera i l'aliment de les abelles al voltant de les seves potes, i la mel la vomita en les cel·les. Després de dipositar les cries, les incuba com una au». (Historia Animalium 553b25-554a20).*

Hem deixat pel final el grup de les aus. De totes les descripcions sobre les diferents espècies, ales, plomatges o orientació del vol, i encara que possiblement no sigui d'Aristòtil, volem referir la caracterització que es fa, en el Llibre IX, del niu de les oronelles. Aquests aus, de qui prompte tornarem a gaudir de la seva presència a l'Illa, mostren un gran enginy, present a molts

animals, i un comportament, que si es compara fent ús de l'analogia, és proper a la intel·ligència humana:

*«En termes generals, es pot observar en els comportaments vitals dels demás animals nombroses imitacions de la vida humana i, sobretot, en els petits més que en els grans es pot constatar la subtileza de la seva intel·ligència. Per començar agafem com exemple, en el cas de les aus, la nidificació de les oronelles. Doncs la manera de construir d'aquesta au és idèntica al procediment emprat per l'home a base de palla i fang. En efecte, l'oronella mescla el fang amb la palla i, si li falta el fang, es mulla i després es rebolca amb les ales a la pols. A més, fa un llit de palla com les persones, disposant una primera capa dura i donant a la seva construcció unes dimensions proporcionades a la seva mida. Per a criar els petits, mascle i femella prenen part en la tasca. Donen de menjar a cada un dels polls, sabent reconèixer pel costum aquell que s'ha anticipat a menjar i no rebi menjar dues vegades. Al començament els pares treuen ells mateixos els excrements dels fills, però quan aquests han crescut, els ensenyen a girar-se d'esquena perquè facin les necessitat defora». (Historia Animalium 612b20-30)*

Com a conclusió, hem pogut constatar, de manera general, la gran importància que concedí Aristòtil a l'estudi dels éssers vius en el marc dels sabers filosòfics. Només reiterar la gran vàlua que representa, tot i el problema del finalisme, l'obra zoològica aristotèlica per entendre i valorar la sensibilitat 'naturalista' i de sistematització empírica projectada al Liceu. Un fet que representà, per si mateix, una passa decisiva en la història del pensament i la ciència. Una sensibilitat que, més enllà de la fonamentació darrera de la Filosofia, s'apropà a la Naturalesa des del convenciment que, fins i tot en el més humil dels éssers vius, hi trobem quelcom de meravellós. I precisament, com assegura Jaeger, tot aquell qui descobreix amb goig i sorpresa aquesta meravella és germà en esperit d'Aristòtil<sup>5</sup>.

---

5 Jaeger, W. (2008). *Aristóteles*. Ed. FCE, México.

# Sant Tomàs: la fe que no renuncia a la raó

Gabriel Seguí

---

Seguí, G. (2016). Sant Tomàs: la fe que no renuncia a la raó. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 31-36. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** He elegit Tomàs d'Aquino per dos motius:

a) Per rescatar una figura, la més eminent del pensament cristià medieval, en una conjuntura d'intens debat al nostre país sobre l'aportació del cristianisme a la configuració del pensament occidental. És un debat viu a tot Europa, però a l'Estat espanyol amb poca solidesa, en contrast amb el que s'esdevé a altres indrets. Una prova és que s'ha tret Sant Agustí del programa de filosofia de la selectivitat. En canvi, a França, hi ha l'aportació de Jacques Le Goff, un dels més importants medievalistes europeus, un historiador personalment agnòstic que ha estudiat molt ponderadament i amb rigor aquesta qüestió.

b) Per una preocupació personal, compartida per molta de gent: la relació entre la fe i la raó en un món tecnificat i abocat a la deshumanització creixent. On queda, aleshores, la dimensió espiritual de la persona humana, a part de la confessió religiosa concreta? Una de les aportacions més notables del cristianisme, enfront d'altres religions, ha estat precisament l'aposta per la raonabilitat de la fe, heretada del judaisme. El papa Benet XVI no s'ha cansat de postular-ho i de dialogar sobre aquesta qüestió.

De tota manera, honradament he de dir que no som un expert en Tomàs d'Aquino, encara que en conegui directament part dels seus escrits, especialment la *Summa teològica*, i la bibliografia fonamental sobre la seva obra; vull dir que, per a mi, Tomàs és més aviat algú que m'inspira en la seva manera de fer teologia.

**BREU ESBÓS BIOGRÀFIC**

**T**omàs d'Aquino va néixer cap al 1225, fill del comte Landulf del castell d'Aquino a Roccasecca al Regne de Sicília, al Laci. A través de la seva mare, la comtessa Teodora, Tomàs estava relacionat amb la dinastia imperial dels Hohenstaufen. El seu oncle patern, Sinibald, fou abat de l'abadia de Monte Cassino i Tomàs va ésser destinat a seguir-lo en la carrera eclesiàstica en aquesta mateixa abadia. Per això, quan tenia cinc anys, va començar la seva educació primària a Montecassino, però després del conflicte militar entre l'emperador Frederic II i el papa Gregori IX, va haver d'abandonar el monestir. Aleshores, Tomàs se'n va estudiar a la Universitat de Nàpols, fundada de fresc per l'emperador Frederic. Segurament és aquí on Tomàs conegué l'obra d'Aristòtil, d'Averrois i de Maimònides, que influïrien en el seu pensament.

Als dinou anys, Tomàs entrà a l'orde dominicà, amb la fortíssima oposició de la seva família, que ho considerava un descens social, perquè eren frares dedicats a la mendicitat. De tota manera, va perseverar-hi quan el 1244 va fugir de casa seva i el 1245 fou enviat a estudiar a la Facultat d'Arts de la Universitat de París, on va coincidir amb Albert Magne, a qui va seguir quan el 1248 fou destinat a Colònia. Tomàs va ensenyar en aquesta mateixa ciutat com a batxiller bíblic. El 1252 tornà a París per ésser mestre en teologia. Així, el 1256, va ser nomenat mestre regent en teologia a la Universitat de la Sorbona. Després, devers 1259, va tornar a Nàpols, on va viure fins l'enviaren a Orvieto a finals de 1261. A Orvieto, va ser nomenat lector conventual, responsable de l'educació dels frares que no podien assistir a un Estudi General. El 1265 el seu orde li va encarregar establir un *Studium* a Santa Sabina de Roma, fins que va ser reclamat per tornar a París el 1268.

Aleshores, a París, fou regent per segona vegada de la Universitat fins el 1272. Aquest any, el tornen a enviar a Nàpols, com ell havia elegit, per fundar un Estudi General. Mentre l'organitzava, el Papa el cridà a participar al segon concili de Lió. Durant el viatge, va morir el 7 de març de 1274, a l'abadia cistercenca de Fossanova, quan només tenia 53 anys.

El gran mèrit de Tomàs d'Aquino és haver aconseguit la millor síntesi medieval entre raó i fe o entre filosofia i teologia. Les seves obres són eminentment teològiques, però, a diferència d'altres escolàstics, concedeix, en principi, a la raó la seva autonomia en totes aquelles coses que no es deguin a la revelació. Aquesta seria la idea que va canviar el món.

## CONTEXT HISTÒRIC I CULTURAL DE TOMÀS D'AQUINO

Per situar el pensament de Tomàs, hem de tenir presents les següents fites culturals:

- L'averroisme, inspirat en la filosofia islàmica d'Averrois, amb la teoria de la doble veritat, la religiosa i la científica (Siger de Brabant).
- La creació de la universitat i la creixent importància del municipi enfront del feu, amb el fet nou de la presència dels frares a les ciutats, mentre que els monjos resten al camp.
- La irrupció d'Aristòtil en el pensament medieval a finals del s. XI i principis del s. XII, amb el que suposa d'element de modernitat i d'autèntica revolució intel·lectual.
- Anselm, el precursor, i Albert Magne, el mestre de Tomàs.

### LA NATURALESA ÉS CONSISTENT: EL MÓN MATERIAL NO ÉS UNA OMBRA

Tomàs accepta d'Aristòtil l'aproximació a la realitat experimentable del món, un món que pot ésser aglapit pels sentits.

Aquestes coses concretes són enteses com a pròpiament reals, com a realitat amb dret propi, i no com a una simple ombra, un reflex o un símbol de les coses invisibles i espirituals (platonisme): és a dir, el món material té una consistència pròpia, té entitat. Recordem que Tomàs era deixeble d'Albert Magne. D'aquesta manera, la realitat corporal, els sentits i allò que poden percebre es pren seriosament d'una manera absolutament nova. És un cop mortal al platonisme.

Aleshores, Tomàs entén la filosofia com la ciència que permet veure les coses com són en elles mateixes (*secundum quod huiusmodi sunt*); per tant, és una opció per la mundanitat, per la secularitat.

Això té una evident derivació antropològica: «l'home està constituït per un sol ésser, a partir del qual la matèria i l'esperit són els principis consubstancials d'una totalitat determinada» (Chenu, p. 109). «És la mateixa cosa, per al cos, tenir una ànima, que, per a la matèria d'aquest cos estar en acte» (Comentari al *De anima* d'Aristòtil, IV, lliçó 1). I encara més impactant és allò que diu contra l'espiritualisme antimaterialista dels càtars: «No es recorden que són homes» (*Summa contra Gentiles*, III, CXIX). Per tant, «la vida interior, començant per la coneixença d'un mateix, no es desenvolupa evadint-se fora de les coses» (Chenu, p. 110), és a dir fora d'aquest món material visible i palpable.

## LA RAÓ (FILOSOFIA) NO ESTÀ SOTMESA A LA FE (TEOLOGIA)

La raó, segons Tomàs, pertany a la disposició natural de l'home cap al seu creador, i té la capacitat de preguntar per la realitat i de conèixer-la sense cap ajuda de la fe. *Ratio* és la capacitat per a les operacions discursives de l'esperit, mitjançant la demostració en el procediment sil·lògic.

La raó conté també la il·limitació de la capacitat de conèixer: l'home és un *animal racional*.

Mitjançant la raó, la fe es constitueix en ciència (teologia), en tant que la raó pot treure conseqüències dels principis donats en els coneixements de la fe. En aquest sentit, la raó és un límit per a la fe, perquè impedeix que el teòleg ridiculitzi la fe en suplantant el filòsof.

Hi ha un pensament de Tomàs que val la pena rescatar en aquesta època nostra d'un cert autoritarisme eclesial: «*Si resollem els problemes de la fe únicament per la via de l'autoritat, posseïrem certament la veritat, però dins un cap buit*» (Qt 10, art. 16). Per tant, Tomàs reivindica, com a teòleg professional, el valor i la necessitat, per a la comunitat dels creients, de la investigació racional de les arrels de la veritat divina (Chenu, p. 36). Perquè l'home és, essencialment, un ésser interrogador. Aleshores, «*totes les tècniques de la raó són posades en moviment a l'interior i en benefici de la percepció mística*» (Chenu, p. 39). Aleshores, contra les tesis de Sant Bernat, la utilització de la raó en la teologia no és una corrupció del pensament cristià, perquè «*la transcendència de la paraula divina no redueix de cap manera el seu realisme humà*» (Chenu, p. 40): l'home és raó! és el seu tret naturalment distintiu. Això sí, la raó ha de saber respectar el misteri de Déu.

Ara bé, aquest és el punt clau: *Philosophia ancilla theologiae?* No, perquè la filosofia ofereix els *preambula fidei*, els fonaments racionals de la fe, i té autonomia pròpia: «*No veig per què l'explicació de les paraules del Filòsof té res a veure amb la doctrina de la fe*» (Resp. de art. XLII, a. 33 [n. 806]).

Per tant, la teologia no substitueix la filosofia: «*Hi ha veritats que superen la tots els poders de la raó humana, per exemple, que Déu és u i tri. Hi ha altres veritats a les quals podem arribar a través de la raó natural, per exemple, que Déu existeix, que Déu és u, i altres de semblants*» (SG: Giovanni Reale-Dario Altiseri, p. 482). Ara bé, la teologia és una instància crítica per a la filosofia, perquè la fe orienta la raó.

En tot cas, hi ha un corpus filosòfic, fruit de l'exercici de la raó, que no es pot ignorar i que ha estat utilitzat pel pensament cristià, i l'home i el món, malgrat la seva radical dependència de Déu, tenen una autonomia sobre la qual s'ha de reflexionar amb els instruments de la pura raó.

## **DÉU NO ÉS EVIDENT: CAL FER-LO PATENT**

«De Déu, no en podem saber allò que és, sinó només allò que no és, i quina relació sosté amb ell tota la resta» (STh I, q. 3): Déu no pot ésser objecte d'apropiació i per tant queda fora tot fonamentalisme teològic. En aquest sentit, Tomàs fa un exercici de teologia negativa.

La raó és una de les vies per fer patent Déu i no sols la revelació positiva; és un optimisme epistemològic, que valora la intel·ligència humana enfront de la pura fe.

## **DÉU DEIXA RASTRES DE LA SEVA PRESENCIA EN EL MÓN: LES VIES**

El fonament de les vies és que a aquest Déu, que no és evident, se l'ha de trobar mitjançant els seus efectes en el món, encara que Ell sigui el fonament de tot. Per això, Tomàs no vacil·la a utilitzar alguns elements de la cosmologia aristotèlica, encara que el valor probatori dels arguments és d'índole metafísica.

- La via del canvi o del moviment: ens consta pels sentits que hi ha éssers d'aquest món que es mouen, però tot el que es mou és mogut per un altre, i com una sèrie infinita de causes és impossible, hem d'admetre l'existència d'un primer motor no mogut per un altre, d'immòbil. I aquest primer motor immòbil és Déu.
- La via de la causalitat eficient: ens consta l'existència de causes eficients que no poden ser causa de si mateixes, ja que per a això haurien d'haver existit abans d'existir, i això és impossible. Endemés, tampoc podem admetre una sèrie infinita de causes eficients, de manera que ha d'existir una primera causa eficient incausada. I aquesta causa incausada és Déu.
- La via de la contingència: hi ha éssers que comencen a existir i que moren, és a dir, que no són necessaris; si tots els éssers fossin contingents, no n'existiria cap, però tanmateix existeixen, i per això que han de tenir, doncs, la seva causa en un primer ésser necessari, ja que una sèrie causal infinita d'éssers contingents és impossible. I aquest ésser necessari és Déu.
- La via dels graus de perfecció: observam diferents graus de perfecció en els éssers d'aquest món (bondat, bellesa...) i això implica l'existència d'un model respecte del qual establim la comparació, un ésser òptim, màximament vertader, un ésser suprem. I aquest ésser suprem és Déu.
- La via de la finalitat: observam que éssers inorgànics actuen amb una finalitat, però, en no tenir coneixement i intel·ligència, només poden tendir a una finalitat si són dirigits per un ésser intel·ligent. Per tant, hi ha d'haver un ésser summament intel·ligent que ordena

totes les coses naturals dirigint-les cap a la seva finalitat. I aquest ésser intel·ligent és Déu.

**CONCLUSIÓ: ENS HEM D'ATURAR DE PENSAR (*PHILOSOPHIA PERENNIS*) O SANT TOMÀS ÉS SOBRETOT UN GUIA SUGGERENT?**

Val la pena escoltar un home que, durant segles, ha estat considerat la base del pensament cristià, i un home que, endemés, ha mostrat una confiança tan gran en la potencialitat de la raó humana, això sí, en un món que ens sembla tan estrany com l'Edat Mitjana: les nostres qüestions i les nostres qüestions teològiques no eren les seves (Pesch). Però no podem pensar que el cristianisme comença avui i que podem arrabassar alegrement les nostres arrels.

Per això, és il·lusori i històricament fals que Tomàs hagi ja previst l'actual problemàtica entre fe i raó i molt menys que ja n'hagi apuntat les solucions, com pretenia un antic professor meu, ja que hi ha moltes coses noves baix del nostre sol.



# Ramon Llull i la ciència: un instrument per conèixer Déu

Maribel Ripoll

---

Ripoll, M. (2016). Ramon Llull i la ciència: un instrument per conèixer Déu. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 37-52. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Devers l'any 1274 Ramon Llull redactava la primera versió de la seva coneguda Art. Sorgida amb l'afany apologètic de convertir infidels, ben prest es convertí en una potent eina per demostrar la fe i, alhora, per unificar en una de sola les ciències del moment. En el present treball s'analitza, d'una banda, la gènesi d'aquesta Art arran de la idea que la va generar i que va canviar el món propi de Ramon Llull, i de l'altra, s'esmenten aquells mecanismes que Llull generà per escampar-la entre tots els públics possibles.

**R**amon Llull abastà tots els àmbits del saber del moment (potser a excepció de la música): va escriure tractats específics sobre medicina, astronomia, geometria, lògica, filosofia natural... però no des de la perspectiva escolàstica i universitària del moment, sinó com a assimilació del catàleg del saber que un laic sense formació reglada podia arribar a dominar. Partint del fet que Llull mateix definia el terme «ciència» com a «*habít del enteniment en*

lo qual l'enteniment sta san. E la rahó es perquè enteniment per entendre se repose, e per ignorancia es en treball»,<sup>1</sup> cal cercar l'originalitat lul·liana en la manera d'articular aquest coneixement, que donà com a resultat la famosa i complexa Art, amb figures i lletres que ens la fan témer però que fou concebuda amb una finalitat molt concreta. Aquí no explicarem el funcionament de l'Art, cosa que sobrepassaria amb escriure l'espai atorgat.<sup>2</sup> Ens limitarem a veure com va sorgir aquesta idea i com es va transformar en una eina metodològica per assolir uns objectius clarament delimitats. Considerat per alguns com a precedent de la informàtica moderna, veurem quina va ser la gran idea que va canviar el seu món.

## EL PUNT DE PARTIDA: LA GÈNESI DE L'ART

Conta la història que un ciutadà de Mallorca nascut a l'illa cap al 1232, pels volts de la trentena d'anys (per tant cap al 1262-63), i en unes circumstàncies un poc peculiars, es convertia a la penitència: el Crist crucificat se li apareixia al llarg de cinc vespres consecutius, durant l'estona que el nostre personatge componia un poema a una dama que, naturalment com marquen els cànons de l'estètica provençal, no era la seva esposa. Aquest episodi el colpí de tal manera que el protagonista es reconvertí a la fe i deixà de banda tot el que fins aleshores havia marcat la seva trajectòria vital: decidí fer-se contemplatiu i deixà Blanca Picany (l'esposa, amb qui s'havia casat el 1257) i els fills (almanco en coneixem dos, Domingo i Magdalena). No els abandonà radicalment, com sovint s'ha considerat: deixà la situació ben arreglada perquè ningú patís econòmicament i, fins i tot, al testament de 1313 llegà una quantitat de doblers als fills.<sup>3</sup>

Coneixem aquesta història gràcies a la *Vida coetània*, la biografia que Llull mateix dictà als monjos de la cartoixa de Vauvert (París) cap allà al 1311.<sup>4</sup> Davant d'aquelles aparicions, repetides consecutivament, va reflexionar sobre què podia significar aquella endemesa. Diu la biografia que:

*«[...] l'estímul de la consciència li dictava que nostre senyor Déu Jesucrist no volia altra cosa sinó que, abandonant el món, totalment s'entregàs al seu servei. I com fos que d'altra part es considerà si mateix indigne de servir-lo, atesa la vida que fins aquell dia havia seguit, estigué molt angoixat durant tota aquella nit, pregant a nostre senyor que l'il·luminàs»  
(Ensenyat 2004: 21)*

---

1 Definició de la *Lògica Nova*, DDL 268. Llull també defineix el terme en la *Doctrina pueril* i al *Llibre d'intenció*.

2 Per a un estudi aprofundit sobre l'Art vegeu Bonner (2012).

3 Cf. Hillgarth (2001).

4 Cf. Ensenyat (2004).

Què té a veure tota aquesta història d'aparicions visionàries amb les idees que van canviar el món? Doncs molt, moltíssim, perquè aquest relat, que a ulls d'ara ens pot semblar fins un punt llegendari o anecdòtic, és el bessó per entendre la vida i l'obra que a partir d'aquell moment desenvolupà el savi medieval. I és que des d'aleshores ençà Llull va fer de Déu el centre absolut de la seva vida. Un Déu que, en la seva infinita bondat i grandesa, havia creat l'home perquè el conegués i, per tant, l'estimàs, idea que va esdevenir obsessiva i sobre la qual va insistir en totes i cada una de les 260 obres que tenim catalogades com a originalment lul·lianes.

Arran d'aquella aparició divina i segons el relat de la *Vida coetània*, mestre Ramon va veure clar que per servir Déu havia de fer tres coses:

- 1) convertir infidels i «incrèduls» a la fe veritable, causa per a la qual estava disposat a donar la seva vida, vol dir, estava disposat al martiri.
- 2) escriure el millor llibre del món contra els errors dels infidels (encara que inicialment no veia ni la forma ni la manera de fer aquest llibre).
- 3) visitar reis, prínceps i papes per convèncer-los de la fundació d'escoles per a la preparació, especialment lingüística, dels missioners.

Escriure el millor llibre del món contra els errors dels infidels: aquí teniu el punt de partida del que serà l'Art lul·liana. Si ho voleu, la idea que va fer canviar el món propi de Llull, projecte al qual dedicà tota la vida.

La qüestió de la conversió dels infidels no era gens nova ni secundària en la quotidianitat medieval, i anava més enllà dels anhels cristians de papes i reis, perquè es tractava, al cap i a la fi, d'un factor de cohesió social per aconseguir la unitat política. Les disputes dialèctiques entre cristians i jueus estaven a l'ordre del dia (és famosa la que es va dur a terme a Barcelona el 1263) i l'ordre dels predicadors (dominics) tenia escoles arreu per ensenyar llengües als missioners. De fet, les dades apunten que el 1256 ja existia un *studium arabicum* a Mallorca.<sup>5</sup> Recordem també que entre el 1259 i 1264 Tomàs d'Aquino escrivia la seva apologètica *Summa contra gentiles*. En certa manera, Llull assumia les influències d'aquest context, però les ultrapassava en els seus plantejaments en observar-ne les mancances que hi havia, perquè malgrat tots els esforços, les conversions no es produïen en la mesura del que era desitjable. Mestre Ramon veia que el fracàs era degut a un motiu fonamental: els criteris d'autoritat que s'esgrimien per aconseguir la conversió d'altri i la refutació dels arguments contraris sense provar els propis, sobretot els referits als dos dogmes de la Trinitat i l'Encarnació, que eren els més controvertits per a jueus i musulmans.

---

5 Bonner (1987: 12).

Un exemple paradigmàtic, que Llull ens recorda obsessivament fins a set vegades, és el de fra Ramon Martí, frare dominic que, a Tunis, va demostrar al sultà la falsedat de l'islam però va ser incapaç de demostrar la veritat del cristianisme, limitant-se a presentar-li els articles de la fe com a veritats indemostrables que calia creure, per fe, perquè no es podien provar. Conscient d'aquesta realitat, Llull es proposà convertir infidels, però no per autoritat, sinó amb arguments demostratius o, el que és el mateix, amb el que ell anomena «raons necessàries». Aquest és, de fet, l'embrió de l'Art, que es desenvoluparà inicialment com a tècnica apologetica per demostrar la veritat de la fe cristiana. El nostre autor ho explica amb els termes següents:

*«El subjecte d'aquesta Art consisteix en demostrar la veritat de la santa fe catòlica amb raons necessàries a aquells que la ignoren, i en confirmar-la en aquells que la coneixen i creuen, i en treure de dubtes aquells que dubten d'ella, i també confondre els errors dels infidels que la desprecien i que s'afanyen com poden en destruir-la» (Art de fer e sobre questions).<sup>6</sup>*

L'inici del projecte fou, d'entrada, dramàtic, perquè Llull no sabia per on començar, en constatar la manca de formació que tenia. Segons la *Vida coetània*, «comprengué que no tenia prou coneixements per a una empresa tan gran, perquè només havia après un poc (en realitat un mínim) de gramàtica. Així que, tot consternat, es va començar a sentir molt trist». La versió llatina especifica més concretament en aquest punt que «ad tantum negotium nullam se habere scientiam» (Vita, 275). És a dir, no tenia ciència. El passatge resulta tràgic, perquè sense ciència, sense coneixement, mestre Ramon no podia engegar cap dels tres propòsits dilucidats. Com es va resoldre, aquesta mancança?

Malauradament les informacions sobre la formació que ens han arribat són del tot escasses, perquè les dades que se'ns ofereixen en la *Vida coetània* són molt generals i poc detallades. Després de la conversió i d'haver estipulat els tres objectius que s'han vist, Llull va pelegrinar a sant Jaume de Compostel·la i a santa Maria de Rocamador i es va entrevistar, a Barcelona, amb el general de l'ordre dels dominics, sant Ramon de Penyafort, perquè l'orientàs en la seva missió. El general dominic dissuadí el jove i entusiasmat Ramon perquè no anàs a la Sorbona i el convencé perquè tornàs a l'illa per preparar-se intel·lectualment, una preparació que segons la biografia cal situar a Mallorca durant els nou anys següents (per tant, entre 1265 i 1274).

Poca cosa sabem d'aquesta etapa. Per començar, no podem perdre de vista que Llull sempre va ser un laic.<sup>7</sup> Per tant, no pertanyia a un grup eclesial, la qual cosa a l'edat mitjana era del tot important, perquè volia dir que tenia un accés restringit al saber i que no comptava amb una formació lingüística llatina. Si bé aquesta era la tendència general, Llull va viure en una

---

<sup>6</sup> Citat per Bonner (2012)

<sup>7</sup> No són gens segures les informacions sobre el fet que ingressàs en l'ordre franciscà.

època de canvis, en què l'accés dels laics al coneixement i a les universitats es va generalitzar amb la incipient burgesia, necessitada de coneixements mecànics i tècnics per a la seva activitat, amb la qual cosa la traducció i redacció d'obres «científiques» en les llengües vernacles es va convertir en una realitat constant a partir del s. XIII i de la qual Llull va esdevenir-ne un dels màxims representants.<sup>8</sup>

No anant a la Sorbona, com era la seva intenció, el nostre protagonista no va seguir una formació escolàstica convencional o reglada. El fet que en les seves obres ometi les cites d'autoritat complica la recerca sobre les fonts. Tot i així, per les referències indirectes s'ha pogut determinar algunes fonts aristotèliques i escolàstiques,<sup>9</sup> obres que ja devien ser a les biblioteques dels franciscans i dominics establerts a l'illa arran de la conquesta.

Ben diferent és el que sabem sobre l'aprenentatge de l'àrab, una llengua que Llull necessitava conèixer indispensablement per poder convèncer els infidels. Res millor que un professor particular per aprendre a parlar la llengua que ha de ser l'eina de treball, no? Doncs això és el que va fer Llull: va comprar un esclau moro (cosa normalíssima en l'illa tot just cristianitzada) perquè li ensenyàs la llengua i, de retruc, la filosofia àrab, la religió i les pràctiques rituals musulmanes, coneixements que es posen de manifest en una obra tan coneguda com el *Llibre del gentil i dels tres savis*.<sup>10</sup>

Durant els nou anys de formació, Llull va iniciar la redacció de les primeres obres. Com una mena d'aplicació pràctica, va traduir de l'àrab al llatí primer i al català després la *Lògica d'Algatzell* (teòleg i filòsof persa) i va redactar, entre 1271 i 1274 aproximadament, el famós *Llibre de contemplació* (primer en àrab i després en català) una gran enciclopèdia concebuda com una meditació, dividida en 365 capítols més un, per lloar Déu a través de la contemplació de tota la Creació. S'ha dit d'aquest llibre que és «el magma primigeni on tot bull i xarbot» (Badia 1992: 21), perquè conté, de forma atomitzada, la base del pensament que Llull desenvoluparà des d'aleshores fins al final de la producció escrita, cap allà el 1315 (cosa que és sinònim d'una quarantena d'anys de replantejaments i d'un esforç de pensament ingent).

Tornem, emperò, al 1274, moment en què Llull va redactar la primera versió de l'Art, coneguda com l'*Art abreujada de trobar veritat*. Des de la perspectiva actual, la gènesi d'aquesta primera formulació no deixa de ser, una altra vegada, un poc sorprenent. Deixem que sigui Llull novament, a través de la *Vida coetània*, que ens faci cinc cèntims de com va anar la cosa:

«[...] Ramon va pujar a una muntanya [Randa] no molt allunyada de casa seva, a fi de contemplar-hi Déu més tranquil·lament. Quan encara no hi havia estat una setmana

8 Per a la qüestió de l'accés dels laics al saber, especialment en terres catalanes, vegeu Soler (1998) i Cifuentes (2001/2006 i 2004).

9 A més de la Bíblia, l'Alcorà i el Talmud cita Plató, Aristòtil, Anselm de Canterbury, Pere l'Hispanà, Avicenna, Mateu Plaetari, Constantí l'Africà.

10 Lohr (1986).

*completa, succeí un cert dia, mentre mirava atentament el cel, que de sobte el Senyor il·lustrà la seva ment, donant-li la forma i manera de fer el llibre contra els errors dels infidels. Donant per això infinites gràcies a l'Altíssim, Ramon davallà d'aqueixa muntanya i, tornant a la dessusdita abadia [l'abadia de la Real], hi començà a ordenar i escriure aquell llibre, que primer anomenà Art major i més tard Art general. Sota aqueixa Art escrigué després molts de llibres, en els quals explicava extensament els principis generals aplicant-los als més específics, segons la capacitat de la gent senzilla, tal com l'experiència li havia ensenyat» (OS I, 23).*

Aquest passatge ens aporta les dades per entendre què va suposar l'Art, com es va desenvolupar i per què. En primer lloc, va ser Déu directament qui va il·luminar (o il·lustrar) la ment de l'autor sobre la forma i manera de fer el llibre tan anhelat, perquè era la via, en el context de l'època, de legitimar l'obra pròpia d'un laic, resultat d'un aprenentatge, no ho oblidem, autodidacta i allunyat dels cànons convencionals. En segon lloc, l'Art tractava l'aplicació d'uns principis generals a uns principis particulars, i va ser reformulada fins a quatre ocasions per tal de fer-la assequible a qualsevol tipus de destinatari, de manera que les diferents reelaboracions tendien a simplificar-la però alhora a completar-la i unificar-la. Així mateix, com se'ns informa al fragment citat, totes les obres, totes, tenen l'Art com a fonament: que ningú pensi que amb el *Blaquerna* tenim tan sols una novel·la per passar l'estona, sinó que l'Art hi surà de valent.

## QUÈ ÉS L'ART?

Quan ens referim a l'Art, probablement la primera cosa que ens ve al cap són les figures i les rodes que il·lustren les relacions entre els conceptes, i que tanta de por fan a qui les veu per primera vegada (Fig. 1). Com s'articula, aquesta art? Quina relació té tot plegat amb la ciència?

En la tradició llatina, *Ars* era el terme equivalent a la traducció del grec *techné*, és a dir «tècnica», que servia per descriure el conjunt de les regles a través de les quals es podien fer les coses pròpies d'una determinada activitat productiva.<sup>11</sup> En la *Doctrina pueril*, obra dedicada a l'ensenyament d'un fill (suposadament real) i que es data pels volts de 1276, Llull defineix el terme «art» com aquell «ordonament e establiment de conèixer la fi de la qual hom vol haver coneixença».<sup>12</sup> Podem dir, per tant, que l'Art és equivalent a coneixement, però també a «tècnica», en el sentit de procediment per adquirir coneixement. En parlar dels motius del fracàs de la conversió, hem advertit que Ramon Llull sabia per experiència que ningú substituïa la creença pròpia

---

11Cf. Ruiz Simon (1999) i (2008)

12 DDL 112

per una altra sense la demostració de la falsedat per raons necessàries i no per autoritat (*non credere per credere sed intelligere*). L'Art va sorgir, per tant, de la necessitat d'una tècnica que «havia de permetre que els missioners fessin, d'acord amb unes regles i uns principis específics, les activitats que eren pròpies i que sense mètode semblava provat que no es feien amb prou eficàcia»,<sup>13</sup> com era predicar, ensenyar i disputar.

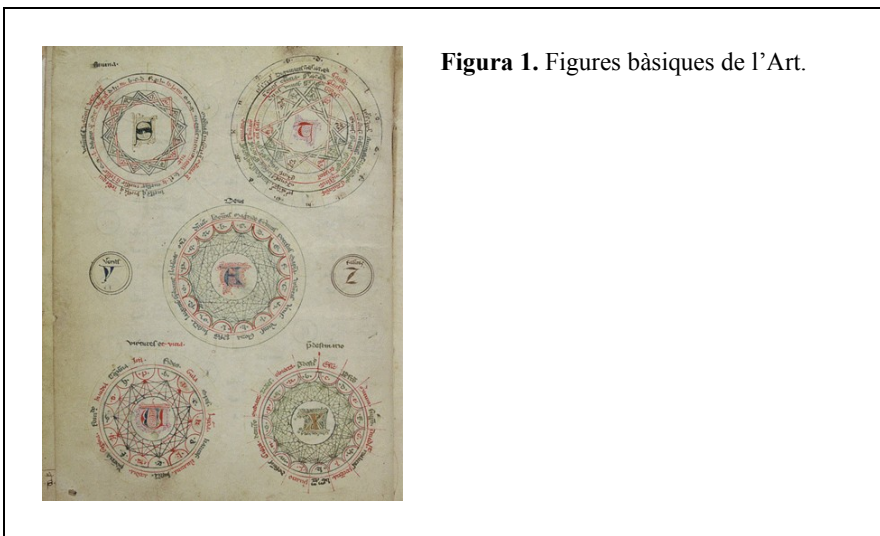


Figura 1. Figures bàsiques de l'Art.

Per això, Llull plantejava dos pressupòsits fonamentals que eren, precisament, no basar els seus arguments en cites d'autoritat i no obrar per la via negativa de refutar les creences de l'adversari, sinó per la positiva d'intentar demostrar la fe cristiana (especialment en l'intent de demostrar els dogmes de la Trinitat i Encarnació, els més controvertits per a jueus i musulmans). Aquesta manera de fer diferent de la que era habitual entre els missioners d'aleshores tenia dues conseqüències: la primera, trobar unes bases comunes d'argumentació, acceptables per a musulmans i jueus.<sup>14</sup> La segona suposava haver de rompre la barrera entre la fe i la raó, entre la teologia i la filosofia.

Partir d'allò que unia per superar allò que separava obligava Llull a triar unes premisses que fossin comunes a les tres religions. La primera, i pot ser la més òbvia, era el monoteisme. A més d'un origen comú (la Bíblia) les tres religions que dominaven la Mediterrània medieval creien en un Déu únic i perfecte en grau superlatiu. La consideració d'aquest Déu va ser el punt de partida de tot l'entramat, que com explicarem d'aquí a un moment, es va materialitzar en uns principis absoluts.

<sup>13</sup> Ruiz Simon (2008: 37).

<sup>14</sup> Per a l'explicació dels fonaments de l'art seguim estrictament Bonner & Badia (1988: 55-86)

La segona conseqüència era la cosmovisió aristotèlica comuna al món antic i medieval, la qual cosa suposava l'accés a unes estructures conceptuals acceptades per tothom. A l'edat mitjana, la visió del món i del lloc que hi ocupa l'ésser humà es va plasmar en la concepció de l'escala de les criatures, que s'assentava sobre tres pilars: 1) la idea d'ordre, segons la qual el món representava un sistema ordenat; 2) la jerarquia de l'ésser o dels éssers, amb Déu al capdamunt de la jerarquia, la qual era fruit de la separació entre el món increat del Creador i el món que ell havia creat. Aquest segon món es dividia en món espiritual (constituït per àngels i ànimes humanes) i el món material (constituït per minerals, plantes, animals). El món espiritual era el nexa entre el món material i el món increat. En aquest sentit, l'home pertanyia al món espiritual per l'ànima i al món material pel cos. L'ànima era constituïda per tres potències (memòria, enteniment i voluntat) que reflectien la trinitat de l'exemplar diví, mentre que el cos pertanyia al món material i participava en els quatre escalons del món material inferior, de manera que compartia amb minerals, plantes i animals la qualitat d'ésser elementat (vol dir, compost pels quatre elements), amb plantes i animals la qualitat vegetativa (la capacitat d'adquirir nodriment i créixer) i amb els animals compartia les qualitats sensitiva (d'usar els cinc sentits) i de la imaginativa (la capacitat de fer-se una imatge mental d'una cosa no present als sentits). 3) El tercer pilar era la visió de la creació constituïda per una sèrie de plans sobreposats, que reflectien tots el mateix original diví i que conservaven per tant una relació analògica entre ells. Es distingien dues esferes: la celestial, composta pel cel empiri (on vivien els àngels i les ànimes dels homes), pel firmament astral (amb els dotze signes zodiacals) i els 7 planetes coneguts aleshores (que incloïen la lluna i el sol i no la terra); i l'esfera sublunar, composta pels quatre elements.

### ***FONAMENTS I PRINCIPIS ARTÍSTICS***

Tota aquesta concepció del món es reflecteix en l'estructura de l'Art, la qual descansa en tres elements bàsics: 1) els conceptes, 2) els signes i els recursos gràfics i 3) la combinatòria.

Hem dit abans que partint del monoteisme comú a les tres religions Llull podia establir sòlidament el canemàs que sustenta tota l'estructura del sistema. De l'acceptació d'un Déu únic i perfecte en grau superlatiu sorgeixen els principis absoluts o «dignitats», de significat molt proper al d'«axioma», és a dir, aquells principis que hom estableix com a base i punt de partida del desplegament ulterior del coneixement.<sup>15</sup> Aquestes dignitats són perfeccions o atributs essencials de Déu que es reflecteixen en les criatures, seguint la concepció exemplarista i platònica del Déu creador a imatge de les seves perfeccions, de manera que la Creació esdevé una teofania o manifestació de la divinitat. Llull va concebre aquestes dignitats com a principis de l'ésser (perfeccions reals que hom troba la seva font en Déu i per derivació en les criatures) i del coneixement: les dignitats són conceptes transcendents de

---

15 Cf. Colomer (1979: 119)

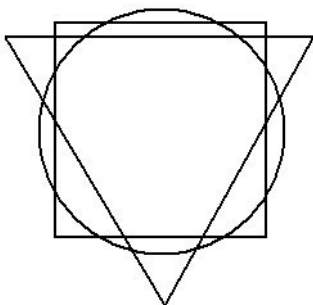


valor que pensen Déu respecte del món i poden, per tant, ésser afirmades analògicament de Déu i del món. En Déu aquests atributs són essencials, concordants entre sí sense cap contrarietat i, per tant convertibles (o predicables) l'una de l'altra, cosa que va suposar l'origen de la demostració *per aequiparantiam* o raonament per identitat. Les dignitats varen ser reduïdes de setze a nou en la versió definitiva de l'Art i són les següents: bondat, grandesa, eternitat, poder, saviesa, voluntat, virtut, veritat i glòria. Vol dir, per exemple, que en Déu la seva bondat és gran i la seva grandesa és bona. En canvi, en la resta de la Creació no són convertibles. En la representació gràfica, aquests principis es corresponen a la figura 2.

L'altre concepte fonamental de l'Art és el dels anomenats principis relatius, referits als modes de relació que es poden establir entre les dignitats per mitjà dels quals es pot, per exemple, afirmar o negar la seva diferència, concordança o contrarietat o comparar-los entre ells en la línia de la majoritat, igualtat o inferioritat. Són nou, i s'estableixen en tres tríades: diferència-concordança-contrarietat, principi-mitjà-fi, majoritat-igualtat-minoritat. Totes les relacions possibles entre les coses es poden reduir a aquestes nou relacions bàsiques, que enllacen els éssers del món entre ells i amb el seu fonament transcendent.<sup>16</sup>

Tant aquests principis com els anteriors poden aplicar-se des del Creador fins a les criatures. Per explicar el món dels objectes i de la conducta humana encara calia establir dos conceptes més: el dels nou subjectes i el grup de virtuts i vicis.

La teoria dels nou subjectes era la plasmació de l'escala de les criatures a què ens hem referit. Els subjectes (Déu, àngel, cel, home, imaginativa, animals, plantes, elements i instrumentativa) s'ordenaven jeràrquicament segons la mesura en la qual cadascun participa de la plenitud ontològica de les dignitats divines. Entre aquests subjectes, només l'home és capaç d'actuar moralment, amb la qual cosa és del tot imprescindible, en l'esquema estructural, l'ordenació sistemàtica de les virtuts i els vicis.



**Figura 2:** la figura plena de Ramon Llull, formada per un cercle, un quadrilàter regular i un triangle concèntrics.

16 Cf. Colomer: (1979: 121)

El darrer concepte sobre el qual descansa l'Art és el sistema de les qüestions generals. En una primera etapa l'Art té un caràcter essencialment *inventiu*, és a dir, serveix per trobar la veritat. Les nou preguntes que s'inclouen en aquest sistema són les que hom pot demanar de qualsevol cosa, com ara què és una cosa, si és, de què és, per què és, etc.

### ***EL LENGUATGE DE L'ART***

El segon element constituït de l'Art n'és el llenguatge, format per les lletres, les figures i els altres recursos gràfics com la taula que Llull fa servir per expressar els conceptes i les seves combinacions. Les lletres no representen variables i des de la B a la K (perquè la A només pot representar Déu) poden tenir sis significats possibles, corresponents a un principi absolut, a un de relatiu, a una qüestió general, a un subjecte, una virtut o un vici. Constituïxen l'alfabet de l'art i tenen tres funcions: 1) proporcionen una mena de notació abreviada; 2) indiquen ben clarament quins són els principis sobre els quals descansa l'Art i mantenen en els fonaments estructurals sempre present a les nostres ments; 3) faciliten la combinatòria, la juxtaposició sistemàtica de parells i tríades de conceptes dels diversos subconjunts de l'Art. Les figures no tenen cap valor simbòlic o màgic. Serveixen com a a) suport visual, b) tenen una funció mnemònica, c) mostren com els elements de l'Art estan agrupats i com són interrelacionats dins de cada subgrup.

Finalment, el tercer element de l'Art és la combinatòria, resultat del joc de tots els elements precedents i el que fa efectiva la recerca de la veritat i l'adquisició de nous coneixements.

### ***DE L'APOLOGÈTICA A LA CIÈNCIA: LA UNIFICACIÓ DE LES CIÈNCIES***

Hem observat al principi que l'Art tenia una funció clarament apologètica: trobar i demostrar la veritat de la fe per persuadir l'infidel. Ben aviat, emperò, el nostre autor va veure les possibilitats que aquest nou sistema tenia en l'adquisició de qualsevol coneixement. Llull, de fet, establia algunes aplicacions que considerava primordials:

- 1) Conèixer i amar Déu.
- 2) Unir-se a les virtuts i odiar els vicis.
- 3) Confondre les opinions errònies dels infidels per mitjà de raons convincents.
- 4) Formular i «solre» (o «resoldre») qüestions.
- 5) Poder adquirir ciències en breu espai de temps i dur-les a les seves conclusions necessàries segons les exigències de les matèries.

L'Art era una eina que, com la dialèctica, servia per trobar la veritat però també tenia una característica essencial, que era la capacitat d'argumentar sobre qualsevol matèria i poder examinar la pertinència dels principis de totes

les ciències, la qual cosa la convertia en una mena d'art de les arts.<sup>17</sup> Era, no ho oblidem, una art sorgida per la voluntat demostrativa que partia de l'estructura mateixa de la realitat. Com explica Antoni Bonner,

«[Llull] no pretenia fer ciència en el sentit modern i tècnic de la paraula; pretenia donar una cosmovisió coherent amb el sistema del seu món teocèntric contemporani, articulat pels fonaments de la seva Art. A més, en totes les obres científiques, el que Ramon Llull intenta fer és posar els fonaments teòrics per a l'edifici científic, no eixamplar-lo, descobrir-hi novetats o proporcionar observacions» (Bonner 1983: 8).

És per això que s'ha defensat el caràcter unificador de les ciències que implica l'Art, una ciència universal regida pels principis ordenadors del sistema i no per un catàleg de les unitats que la integren. Sense oblidar, emperò, que la finalitat principal és conèixer i estimar Déu, i que de fet, l'Art és un instrument per descriure i estructurar la realitat. Des d'aquesta perspectiva, queda justificat el títol de la conferència, que hem pres del *Llibre d'intenció*, en el qual es determina que la ciència és «per entenció [amb l'objectiu] de conèixer e amar Deu, e de conservar lo mon en bon estament» (*Llibre d'intenció*, NEORL XII en premsa).

Això és el que en definitiva es posa de manifest en el catàleg d'obres que podríem catalogar de «científiques», sobre les quals cal fer dues remarques. La primera es refereix a la consciència de Llull de la novetat que suposa el tractament d'aquestes disciplines des dels principis de l'Art. Ho demostra una característica general, que consisteix emprar l'adjectiu «nou» en el títol de tractats monogràfics, com el de la *Lògica nova*, del *Tractatus novus de astronomia*, del *Liber de geometria nova*, del *Metaphysica nova*, del *Liber novus physicorum* o de la *Rhetorica nova*.

L'altra es refereix a l'elaboració de compendis que podríem titlar d'enciclopèdics però en els quals interessava més descriure la relació de cada element amb la resta del sistema que no pas catalogar enciclopèdicament la realitat.<sup>18</sup> Això és el que caracteritza el ja esmentat *Llibre de contemplació* i el que identifica el *Llibre de meravelles* o el fonamental *Arbre de sciencia*. Aquesta darrera obra va ser redactada a Roma, entre 1295-1296 i fou concebuda com una gran enciclopèdia doctrinal per a la divulgació de l'Art. Llull s'adonava de la complexitat del seu mètode, fins i tot per als receptors més preparats, per la qual cosa es va abstenir d'emprar, en aqueixa ocasió, els recursos gràfics, encara que es va servir de l'al·legoria simbòlica de l'arbre per tal d'organitzar l'estructura.

17 Ruiz Simon (2008)

18 Cf. Badia (2006)

**L'ADAPTACIÓ DEL CONEIXEMENT ARTÍSTIC ALS PÚBLICS DIVERSOS**

Una de les grans preocupacions va ser, precisament, adaptar tot aquest mecanisme als diferents públics receptors, la qual cosa va tenir tres conseqüències clares. La primera, la revisió constant del sistema, que evolucionà des de la complexitat inicial cap a la simplificació, especialment després del primer intent desafortunat de presentació de l'Art a la Sorbona durant la primera estada a París, entre 1287-89. Els canvis en els títols fan palès aquesta reelaboració i permeten diferenciar quatre etapes en la producció artística, etapes que Bonner ha establert a partir de les modificacions que s'observen en els mètodes de presentació i en l'estructuració. La primera etapa pre-artística (1271-74) és integrada per la *Lògica d'Algatzell* i el *Llibre de contemplació*, en el qual, com ja hem exposat, s'hi presenten els fonaments del pensament lul·lià. La segona etapa es correspon amb la primera fase de l'Art (1274-1289) o «Etapla quaternària», perquè algunes sèries de principis es presenten com a múltiples de quatre. Va des de la il·lustració de Randa fins al fracàs en l'intent d'ensenyament a París. S'inaugura amb l'*Art abreujada de trobar veritat*, en llatí *Ars compendiosa inveniendi veritatem* (escrita probablement a La Real, 1274), que constitueix un primer cicle (1274-1283). S'hi presenten, per primera vegada, les figures i els alfabetes. El segon cicle és el de l'*Art demostrativa* (1283-1289). La segona fase de l'Art (1290-1308) abraça des de l'*Ars inventiva veritatis* a l'*Ars generalis ultima*. Els principis de l'Art hi compareixen en múltiples de tres. «Per mor de la fragilitat de l'enteniment humà» Llull va reduir el nombre de figures, que passà de set a quatre. No es tractava, tanmateix, d'una reducció en el contingut, sinó d'una adaptació a fi de fer-lo més acceptable. Formen part d'aquest cicle obres com l'*Ars inventiva veritatis* (1290), *Taula general* (1294), *Arbre de sciencia* (1295-1296), *Art breu* i *Art generalis ultima* (1305-1308). Cal remarcar el títol de la darrera formulació de l'Art, «general», per tant que és aplicable a qualsevol matèria. I «última», que vol dir que dona per tancada la formulació de l'Art. La darrera etapa és l'anomenada post-artística (1308-1315): Llull ja no es preocupa per qüestions de mètode i deixa de banda la mecanització del pensament a través de l'Art. Es concentra en problemes específics de lògica, filosofia i teologia, sempre, emperò, des de l'estructura artística.

La segona conseqüència de la voluntat de persuasió va ser la multiplicitat de gèneres literaris de què el nostre autor es va valer per presentar el seu sistema de demostració: des de formulacions explícites de combinatòries als *Començaments de medicina* o al *Tractat d'Astronomia*, conjunt de proverbis, poemes, obres de caràcter místic, faules, fins arribar als llibres didàctics dedicats al fill (*Llibre d'intenció* i *Doctrina pueril*) o a les grans novel·les com el *Blaquerna* i, sobretot el *Fèlix o llibre de meravelles*, obra en la qual es fa palesa l'estructura de l'escala de les criatures que hem explicat i l'exemplificació esdevé el recurs bàsic de demostració. Facem un

tast de com Llull transmuta la ciència en literatura,<sup>19</sup> a partir d'un exemple del llibre cinquè del *Fèlix*, dedicat a les plantes:

*«Seia un filòsof sots un bell arbre carregat de fulles e de flors; una bella fontana regava aquell arbre, en lo qual havia molts auzells qui dolçament cantaven. Segons la disponició del arbre e de la font e dels auzells contemplava lo filosof la granea e la bonea de Déu, qui en aquell arbre se representaven per manera de creador e de creatura. Com lo filosof hac longament contemplat Deu, Felix dix aquestes paraules:*

*—Senyer filosof, gran meravella me do de la granea d'aquest arbre. Com pot esser que tan poc cosa com es lo gra d'on fon engenrat l'arbre, poc ixir tan gran arbre com aquest?*

*—Bell amic, dix lo filosof, un pastor encés foc denant un savi maestre en l'Art de philosophia. Aquell pastor féu gran foch. Com lo foch fo multiplicat en molt gran quantitat, lo pastor se meravellà com una espira de foch podia ser multiplicada en tan gran quantitat e demanà al mestre la rahó per la qual aquell foch era tan cregut. Respós lo maestre e dix que natural cosa es al foch com convertesca a sa semblança totes les parts que ab ell participen, que el foch sia, en sa virtut, major que la virtut d'aquelles coses ab qui participa; e per açó cor lo foch convertex a si mateix moltes coses es multiplicat de moltes coses» (Fèlix o Llibre de meravelles, NEORL X, 194)*

La tercera i última conseqüència, però no per això menys important, és la redacció no només en llatí (que era la llengua de la cultura i de transmissió del coneixement) sinó també en àrab i, sobretot, en català. Si bé hi ha un nombre considerable d'obres de doble tradició, difoses originàriament en català i llatí (i sembla que aquest era el procés d'elaboració, redactat en català i traduït posteriorment al llatí), també és cert que d'una quantitat notable només en coneixem la versió catalana. Tradicionalment s'havia considerat que aquesta era una gran innovació lul·liana, en el sentit que amb el nostre autor la llengua catalana entrava, per primer cop en la història, en el circuit de les llengües de cultura, tot considerant-lo com una mena de forjador del català literari. Actualment hi ha tota una tendència revisionista, segons la qual Llull fa part del context històric romànic en el qual l'accés dels laics al saber provocà un ús incipient de les llengües vernaculars en tots els àmbits de la producció científica dels darrers segles medievals, a partir sobretot de finals del s. XIII.

El gran llibre que Llull va escriure per convertir els infidels, al llarg d'una quarantena d'anys, està constituït, realment, per 260 unitats

19 Prenem els mots a l'estudiós Robert Pring-Mill (1976)

(aproximadament...). Per aconseguir aquest objectiu no només era necessari convèncer els musulmans i jueus que anaven errats en la seva fe, sinó que calia convèncer reis, papes i la cristiandat mateixa de la necessitat de la conversió; d'aquí que el nostre autor practicàs el pragmatisme lingüístic i adaptàs el text estilísticament segons les necessitats de cada destinatari: *magistri* de la Sorbona, reis de la cort catalana i francesa, o, senzillament, lectors laics i mancats d'una formació erudita.

En conclusió, seguint la curolla artística, Llull no va tenir aturall. El trobam a Barcelona, a Montpeller, a Roma, Gènova, Pisa, París, Lió, Nord d'Àfrica, Armènia i Xipre. Tot per escampar arreu el seu missatge científic i evangèlic a l'hora. És així que arribam al final del nostre viatge per la mediterrània medieval, guiats per un «laic il·luminat».<sup>20</sup> Hem volgut presentar aquella idea que va fer de Ramon Llull un pensador original i excepcional, allunyant-lo, emperò, del mite romàntic del geni tocat de l'ala que només va actuar sota els efectes de la follia. La febril activitat, manifestada en els periples nombrosos per Europa i Africà i en la redacció d'un corpus complex de gairebé tres-centes obres, no és conseqüència d'una dèria vana o d'un afany de protagonisme, sinó que respon a un objectiu vital al qual Llull va ser fidel fins a la mort i que certament, va canviar el món, almenys el seu.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Badia, L. (1992). *Teoria i pràctica de la literatura en Ramon Llull*. Assaig 10. Barcelona: Quaderns Crema.
- Badia, L. (2006). *Ramon Llull i la ciència. Història de la ciència a les Illes Balears*. Vol. I, L'Edat Mitjana. Ed. Anthony Bonner i Francesc Bujosa Homar. Palma: Govern de les Illes Balears, pàg. 69-100.
- Bonner, A. (1983). *Ramon Llull i la ciència de l'astronomia*. Estudis Baleàrics 8, pàg. 7-18.
- Bonner, A. (2012). *L'Art i la lògica de Ramon Llull. Manual d'ús*. Col·lecció Blaquerna 9. Barcelona / Palma: Universitat de Barcelona / Universitat de les Illes Balears. Traducció de BONNER, A. (2007) *The Art and Logic of Ramon Llull. A User's Guide*. Studien und Texte zur Geistesgeschichte des Mittelalters 95 (Leiden - Boston: Brill).
- Bonner, A. i Badia, L. (1988). *Ramon Llull. Vida, pensament i obra literària*. Les Naus d'Empúries. Pal Major 2. Barcelona: Empúries.
- Cifuentes, L. (2006). *La ciència en català a l'Edat Mitjana i el Renaixement*. 2a ed. ampliada. Col·lecció Blaquerna 3. Barcelona / Palma de Mallorca: Universitat de Barcelona / Universitat de les Illes Balears.

---

20 Pereira (2012)

- Cifuentes, L. (2004). *L'ús del català en els textos científics durant la baixa edat mitjana i el primer renaixement*. La Ciència en la Història dels Països Catalans, ed. Joan Vernet i Ramon Parés, I. Dels àrabs al renaixement. Barcelona-València: Institut d'Estudis Catalans, Universitat de València.
- Colomer, E. (1979). *De Ramon Llull a la moderna informàtica*. Estudios Lulianos 23, pàg. 113-135.
- DDL = *Diccionari de definicions lul·lianes / Dictionary of Lullian Definitions*. Col·lecció Blaquerna 2. Barcelona / Palma de Mallorca: Universitat de Barcelona / Universitat de les Illes Balears.
- Ensenyat 2004 = Llull 2004
- Hillgarth, J. N. (2001). *Diplomatari lul·lià: documents relatius a Ramon Llull i a la seva família*, trad. L. Cifuentes, Col·lecció Blaquerna 1. Barcelona / Palma de Mallorca: Universitat de Barcelona / Universitat de les Illes Balears.
- Lohr, C. (1986). *Ramon Llull: Christianus arabicus*. Randa 19, pàg. 7-34.
- Llull, R. (2004). *Vida coetània*, ed. Gabriel Ensenyat Pujol. Illes Balears: Ensiola.
- Llull, R. (2011). *Llibre de meravelles*. Volum I. Llibres I-VII, ed. Lola Badia, Xavier Bonillo, Eugènia Gisbert i Montserrat Lluch, Nova Edició de les Obres de Ramon Llull X. Palma: Patronat Ramon Llull
- OS = *Obres selectes de Ramon Llull (1232-1316)*, ed. Anthony Bonner, *Els Treballs i els Dies*, 31-2. 2 vols. Palma: Editorial Moll, 1989.
- Pereira, M. (2012). *Comunicare la veritat: Ramon Llull e la filosofia in volgare*. El saber i les llengües vernacles a l'època de Llull i Eiximenis. Estudis ICREA sobre vernacularització / Knowledge and vernacular languages in the age of Llull and Eiximenis. ICREA studies on vernacularization., ed. Anna Alberni, Lola Badia, Lluís Cifuentes i Alexander Fidora. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat. Pàg. 21-44.
- Pring-Mill, R. (1976). *Els "recontaments" de l'Arbre exemplifical de Ramon Llull: la transmutació de la ciència en literatura*. Actes del Tercer Col·loqui Internacional de Llengua i Literatura Catalanes. Oxford: Dolphin. Pàg. 311-323.
- Ruiz Simon, J. M. (1999). *L'Art de Ramon Llull i la teoria escolàstica de la ciència*. Barcelona: Quaderns Crema.
- Ruiz Simon, J. M. (2008). *L'Evangeli de la ciència universal. Ramon Llull: història, pensament i llegenda*. Palma: Obra Social Fundació La Caixa, pàg. 39-45.

Soler, A. (1998). *Espiritualitat i cultura: Els laics i l'accés al saber a final del segle XIII a la corona d'Aragó*. Studia Lulliana 38, pàg. 3-26.

Vita = ROL Raimundi Lulli Opera Latina, Tomus VIII, 178-189, Parisiis anno MCCCXI composita, ed. Hermogenes Harada, Corpus Christianorum, Continuatio Mediaevalis. XXXIV. Turnhout: Brepols, 1980.



# Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna

Victòria Rosselló

---

Rosselló, V. (2016). Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 53-65. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** El pensament de Galileu suposa el punt de partida de la Revolució Científica amb l'aparició d'una ciència on l'experimentació hi té un paper fonamental en contraposició a la ciència aristotèlica vigent al segle XVI. Amb el seu esforç intel·lectual, Galileu va fer trontollar l'edifici conceptual del seu temps amb el canvi d'actitud mental davant els problemes físics.

La física galileana suposà una nova manera de mirar el món, que pretenia descobrir les lleis físiques que regulen els processos naturals. La nova manera d'analitzar els fenòmens de la naturalesa fou un procés que pot descriure's com el pas de la recerca de causes a la recerca de lleis.

La física aristotèlica s'ocupava del canvi (*motio*) i tenia com a objectiu comprendre els fenòmens de la naturalesa mitjançant l'examen de les causes. El coneixement pràctic (*techne*) havia estat exclòs per Aristòtil de la Filosofia Natural per considerar-lo inferior al coneixement científic (*episteme*). La Revolució Científica va consistir en bona mesura en la progressiva dissolució d'aquesta diferenciació i en la reconciliació del coneixement adquirit amb la pràctica amb l'obtingut mitjançant la raó.

Galileu Galilei va néixer el 15 de febrer de 1564 a Pisa i fou el primer de sis germans. El pare, Vincenzo Galilei, era compositor i autor de diverses publicacions de teoria musical. Va experimentar amb la relació entre els intervals musicals i la longitud de les cordes del llaüt, i el jove Galileu participà en els experiments. A la dècada de 1570 la família es traslladà a Florència i Galileu començà els estudis elementals al monestir de Santa Maria Vallombrosa. El 1581 ingressà a la Universitat de Pisa, on el seu pare esperava que fos metge. El seu interès, però, se centrà en els fenòmens de la naturalesa: estudià la física d'Aristòtil i començà a qüestionar-la. El 1589 obtingué la càtedra de matemàtiques a la Universitat de Pisa.

El 1592 fou nomenat professor de matemàtiques a la Universitat de Pàdua, institució prestigiosa que ja feia més d'un segle que depenia de Venècia i s'havia beneficiat del govern il·lustrat i la tolerància de la República. Però el pare morí, s'hagué de fer càrrec de la dot de la germana gran i començaren les dificultats econòmiques que l'acompanyarien al llarg de la vida: hagué de dotar una altra germana, i un germà s'establí a costa seva. Per a obtenir més ingressos va fer classes d'arquitectura militar, fortificació i topografia.

Formà parella amb Marina Gamba, amb qui va tenir tres fills: Virginia, Livia i Vincenzo. El 1610 marxà a Florència per exercir de matemàtic a la cort dels Mèdici. El mecenatge dels Mèdici seria clau en esta etapa de la seva activitat científica. Feu ingressar les filles al convent de Sant Mateu (Virgínia es faria dir Sor Maria Celeste en honor del seu pare) i feu legitimar el seu fill pel Gran Duc de la Toscana.

En els primers anys d'activitat científica, Galileu reconstruí la balança hidrostàtica d'Arquimedes (1586), concebuda per a la determinació de densitats, que permetia mesurar la força de l'impuls exercida pels fluids sobre els cossos que s'hi submergien. També estudià les oscil·lacions del pèndol i reflexionà sobre la possibilitat d'un rellotge basat en el principi de la isocronia de les oscil·lacions pendulars. Es diu que començà aquests estudis inspirat per l'observació del moviment d'una làmpada a la catedral de Pisa.

En aquests anys començà a experimentar amb la caiguda dels cossos, experiments que culminarien en la formulació de la llei de la caiguda de greus dues dècades més tard. L'aproximació al problema de la caiguda de greus és ben representativa del mètode científic que adoptaria la nova ciència i que és el que fem servir actualment. Galileu volia trobar la llei física que regula aquest fenomen natural: *«els cossos acceleren el moviment quan els deixem caure»*. Primer deixà caure objectes des de la torre de Pisa per tal de mesurar els temps que recorrien en la caiguda, però com la caiguda era massa ràpida (recordem que no hi havia encara rellotges), hagué de dissenyar un experiment que li permetés deduir la llei. Va fer construir un riell inclinat de set metres de llargària de fusta molt ben polida per tal de reduir al màxim la fricció (Fig. 1). Així alentia l'acció de la gravetat i era possible mesurar els temps recorreguts per les esferes deixades anar al llarg del pla inclinat. El temps el mesurava amb un pèndol, que es posava a oscil·lar amb la solta de l'esfera i es

constatava que a cada oscil·lació del pèndol l'esfera recorria més espai. La repetició sistemàtica de l'experiment el portà a determinar que l'espai recorregut era proporcional al quadrat del temps invertit per l'esfera en el seu desplaçament. La hipòtesi de Galileu era que la velocitat d'un cos no era proporcional a la massa, com mantenia Aristòtil, sinó que tots els cossos queien amb la mateixa acceleració independentment de la massa. A la Terra això no s'experimentava a causa de l'aire, que feia que els cossos més lleugers caiguessin amb menys velocitat que els més pesants. Però en absència d'aire, una ploma i una moneda d'or caurien a la mateixa velocitat. L'experiment de Galileu es fa poder fer un parell de segles més tard, quan s'inventaren les màquines de fer buit.



**Figura 1.** Pla inclinat de Galileu. Museo Galileo (Florència).

Entre els invents de la primera època destaca el termoscopi, un antecessor del termòmetre, que aprofitava les variacions de densitat que experimenta l'aire en ser sotmès a canvis de temperatura. La meteorologia experimental és una herència directa de Galileu i dels seus deixebles. Evangelista Torricelli descobrí el principi del baròmetre i el gran duc de la Toscana Ferran II instituí la primera xarxa meteorològica que recollia dades amb un procediment uniforme de mesura en diferent països europeus.

El pantòmetre o compàs de proporcions va ser dissenyat per resoldre problemes de geometria, a manera de calculadora analògica, i entre les curiositats hi ha un enginy per elevar aigua que disposava de quatre bombes hidràuliques accionades amb un sol eix que fabricà per a la república de Venècia el 1654.

El 1609 un antic alumne que vivia a París havia escrit a Galileu que a Holanda s'havia fabricat un instrument que servia per observar objectes llunyans, el tallador de lents Hans Lipperhey l'havia patentat un any abans.

Galileu a l'estiu ja s'havia construït un instrument de 8 augments amb un tub i dues lents que provà des del campanar de Sant Marc a Venècia (Fig. 2) i que permetia distingir els vaixells que arribaven dues hores abans que a simple vista. A la tardor ja s'havia fet una ullera de 20 augments amb què començà a explorar el cel.



**Figura 2.** Galileu presenta el seu telescopi al senat venecià a la torre de Sant Marc, fresc de Luigi Sabatelli, Tribuna di Galileo, Florència.

El telescopi refractor de Galileu (Fig. 3) constava d'una lent convexa que feia d'objectiu i d'un ocular format per una lent còncava inserida en un tub que podia ser ajustat per enfocar. El camp de visió que s'obtenia amb aquesta composició era d'uns 15 minuts d'arc. L'instrument arribava a fer 20 augments, però el vidre de les lents tenia múltiples imperfeccions: estava ple de bombolles i tenyit d'un color verdós a causa del ferro que contenia. La forma de les lents era raonablement bona al centre, però el polit s'empobria cap a la perifèria. Tots aquests factors feien que només un quart de la superfície de la Lluna pogués acomodar-se al camp de visió.

És procedent fer un incís sobre l'origen del telescopi, un instrument descobert simultàniament a diversos llocs d'Europa. El 1609 Girolamo Sirtori, un milanès proveït d'un telescopi, viatjà per Europa per tal de conèixer els detalls de la invenció de l'aparell. La disposició de les lents ja havia estat provada als centres de manufactura d'ulleres i ja se sabia que procurava augments. La dificultat estava en la qualitat de les lents i les tècniques de tallat

i polític. Sirtori, en la seva obra dedicada al telescopi galileu publicada el 1618, *Telescopium, sive ars perficiendi novum illud Galilaei visorium instrumentum ad sidera*, explica que interessat per la fama dels seus dissenys, visità un constructor de lents gironí i del que digué «No ha dissenyat ningú telescopis més exactes que els germans Roget».



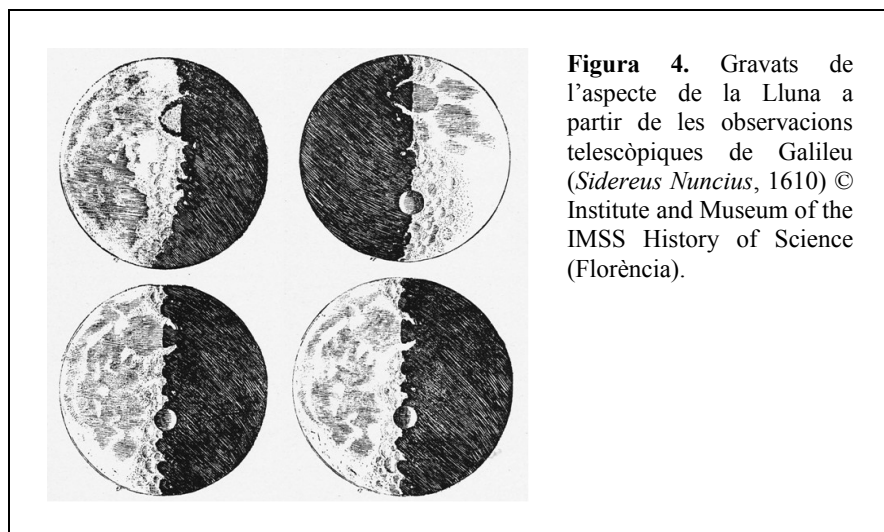
**Figura 3.** Telescopi de Galileu. Museo Galileo (Florència).

El germans Roget eren una família d'ullers instal·lats a Catalunya des del segle XVI. Disposaven d'un taller a Girona i venien els seus productes a l'òptica que tenien a Barcelona. D'altra banda a diversos inventaris de béns de ciutadans de Barcelona entre 1593 i 1613 es troben referències a ulleres de llarga vista. Al testament de Pere de Cardona de 1593 hi trobem una *mena de telescopi de llarga vista guarnida de llautó*. També al testament de Joan Binimelis, cronista de Mallorca, al seu testament de 1616 hi ha una *trompa per mirar de lluny*. Els indicis apunten que a Catalunya es disposava de l'instrument abans de la patent holandesa. (Navarro, 2001)

El cas és que Galileu dirigí el telescopi al cel i publicà el 1610 el *Sidereus Nuncius (El missatger sideral)* i el dedicà a Cosimo II de Mèdici. Galileu descrivia el seu telescopi i anunciava al món els descobriments que havia dut a terme amb el nou instrument. La Lluna havia estat el seu primer objectiu i va poder constatar la naturalesa irregular de la superfície, en el que semblaven valls i muntanyes (Fig. 4). Els seus foren els primers dibuixos publicats de l'aspecte de la superfície lunar. Després de la Lluna, Galileu observà Júpiter i constatà l'existència de quatre petites estrelles al seu voltant que no eren visibles a simple vista. L'observació continuada de les posicions relatives dels astres el va fer concloure que es tractava de satèl·lits que orbitaven al voltant del planeta. (Rosselló, 2011).

A més de l'aparença de la Lluna i del descobriment dels satèl·lits de Júpiter, que batejà com estels *mediceus*, Galileu també observà la diferència entre l'aparença telescòpica dels planetes i de les estrelles (els planetes es resolien en discs a diferència de les estrelles) i la multitud d'estrelles *fixes* (distingides amb aquesta denominació dels planetes o estrelles *errants*), molt superior a les que es podrien observar a simple vista. Advertí que els catàlegs

tradicionals d'estrelles fixes només contenien una petita proporció de la multitud d'astres que ara es podien veure amb el nou instrument.

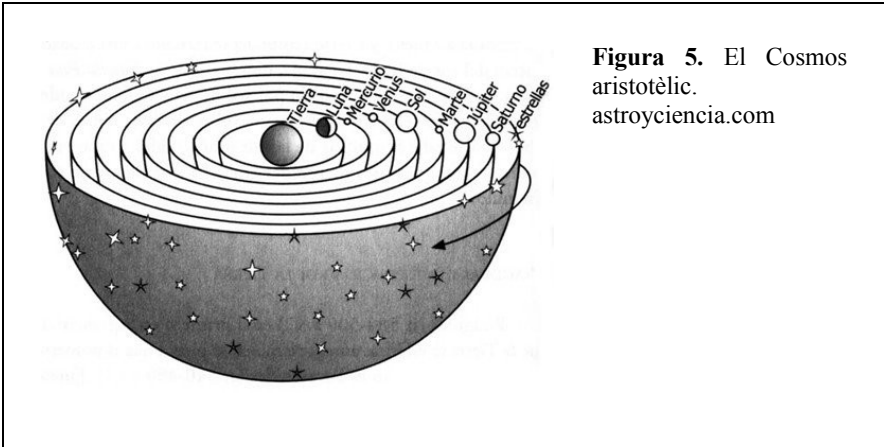


Al final de 1610 Johannes Kepler i Thomas Harriot ja havien verificat els descobriments de Galileu, i a Roma havia mostrat personalment les seves descobertes a l'astrònom Cristoph Clavius i als jesuïtes del *Collegio Romano*, que varen poder observar estrelles fins a la vuitena magnitud i els accidents de la superfície de la Lluna. El príncep Federico Cesi, director de l'*Accademia dei Lincei*, acollí Galileu i quedà decidit que el nou instrument s'anomenaria telescopí. El patronatge seria un factor clau en el desenvolupament de l'activitat científica de Galileu, a Florència amb els Mèdici i a Roma amb l'*Accademia dei Lincei*, que preconitzava la nova ciència, i amb els jesuïtes del *Collegio Romano* que representaven el saber tradicional. (Biagioli, 1993).

Al voltant del 1600 els filòsofs naturals i els astrònoms triaven entre el sistema tradicional de Ptolemeu (geocèntric), el sistema heliocèntric de Copèrnic o per un compromís entre tots dos: el sistema geoheliocèntric postulat per Tycho Brahe. Els tres explicaven *grosso modo* els moviments planetaris observats i cadascun d'ells tenia avantatges: el sistema geocèntric es basava en la física aristotèlica i tenia el pes de la tradició. El sistema de Copèrnic era més elegant i simple i explicava els moviments observats com el ptolemaic. El model híbrid de Tycho Barhe conservava part de la simplicitat del sistema copernicà evitant el moviment de la Terra. El telescopí i les descobertes de Galileu irromperen en el debat cosmològic (Taton; Wilson, 1989).

Cap de les descobertes llevava vàlidesa al sistema ptolemaic, ni tampoc provava que la hipòtesi de Copèrnic fóra correcta, però algunes sí minaven la física aristotèlica. Segons Aristòtil, l'univers estava compost per una sèrie

d'esferes concèntriques on el món terrestre (infralunar, per davall de l'esfera de la Lluna) es diferenciava essencialment del celeste (supralunar, que estava més enllà de la Lluna), en què al terrestre tenien lloc canvis i mutacions que eren inexistents a l'esfera celeste (Fig. 5). L'esfera celeste es caracteritzava a més per la regularitat dels moviments que experimentaven els cossos que la poblaven i per la seva esfericitat: la Lluna, com a cos celeste, hauria de ser perfectament esfèrica i regular. Però quan dirigí el seu telescopi cap a la superfície lunar, Galileu va observar que era qualsevol cosa menys regular i perfectament esfèrica.



**Figura 5.** El Cosmos aristotèlic.  
astrociencia.com

L'existència dels satèl·lits de Júpiter mostrava l'existència de més d'un centre de moviment, cosa que no admetia els cosmos ptolemaic. Al 1610 Galileu també verificà les fases de Venus, semblants a les de la Lluna, una descoberta que fou anunciada per Kepler en el *Dioptrice* (1611). Amb la hipòtesi ptolemaica això no era possible, les fases només s'explicaven si Venus voltava el Sol en comptes de la Terra.

El telescopi, a més, resolva els planetes en discs, cosa que no passava amb les estrelles: aquesta circumstància feia pensar que haurien de ser molt més llunyanes que els planetes, justament el que havia postulat Copèrnic.

Galileu encara va ser testimoni d'una altra irregularitat que el cosmos aristotèlic no podia assumir. Les taques solars que Harriot havia vist per primera vegada a través del telescopi foren observades regularment, i Galileu n'interpretà l'evolució en dies consecutius com l'evidència de la rotació solar. A la *Istoria i dimostrazioni in torno a le macchie solari* (1613) consignà les seves observacions i escrigué que eren «Unes descobertes que harmonitzaven admirablement amb el gran sistema copernicà».

Galileu tingué contacte amb Espanya arran de la convocatòria del monarca espanyol d'un substanciós premi per qui resolgués el problema del càlcul de la longitud a la mar. El sistema es basava en l'ús dels satèl·lits com a rellotge astronòmic, i per això calia unes taules acurades dels moviments dels

astres, que confeccionava el mateix Galileu. S'oferí per instruir els cosmògrafs, així com per fabricar almenys cent telescopis, indispensables per a observar els satèl·lits i proporcionar cada any les efemèrides actualitzades. Oferí també un altre dels seus invents, el *celatone*, una espècie de suport ajustat al cap de l'observador i dissenyat per facilitar les observacions des d'una nau en moviment. S'ignora quin fou el dictamen dels experts espanyols sobre el seu procediment per a determinar la longitud, però el procediment requeria una notable perícia observacional i distava de ser pràctic (Navarro, 2001).

Les primeres diferències de Galileu amb sectors de l'Església sorgiren el 1613, quan un filòsof en la cort dels Mèdici negà l'existència dels satèl·lits de Júpiter i del moviment de la Terra basant-se en un paràgraf de la Bíblia. Galileu mantingué que religió i ciència eren independents i que el passatge de la Bíblia que negava el moviment de la Terra havia de ser pres metafòricament. Però el 1614 el frare dominic Cassini, des del púlpit, denuncià els matemàtics i Galileu en particular d'impietat.

Galileu decidí exposar el seu punt de vista al cardenal de la Inquisició Roberto Bellarmino en la *Carta a Castelli*, on explicava que tot i que no podia haver contradicció entre la ciència i la Bíblia, la primera podia funcionar amb independència perquè afectava un àmbit diferent. Els cardenals només trobaren en la *Carta* alguna *paraula o frase tal vegada un poc desafortunada*, però la jutjaren inatacable des d'un punt de vista teològic.

El 1615 Galileu va escriure la *Carta a la Gran Duquessa Cristina de Lorena*, una ampliació de l'anterior:

*«Fa pocs anys, com sap bé la vostra Altesa, vaig descobrir al cel moltes coses abans no vistes. La novetat de tals coses, així com certes conseqüències que se'n seguien, en contradicció amb les nocions físiques comunament sostingudes pels filòsofs acadèmics, llançaren contra mi no pocs professors, com si jo hagués disposat aquestes coses al cel amb la meua pròpia mà, per torbar la Naturalesa i trastornar les ciències. Publicaren escrits plens d'arguments vans i cometeren el greu error de incloure-hi passatges de les Sagrades Escripures, que no corresponen a les qüestions abordades».*

Galileu explicava que els que l'ataquen no cometrien aquest error si haguessin llegit Sant Agustí quan tracta la via del discurs que s'ha de prendre cap a les qüestions fosques i difícils de comprendre. En la defensa que fa de Copèrnic s'expressava en els termes següents:

*«L'autor no tracta qüestions que afecten la religió o la fe, sinó que s'atén sempre a conclusions naturals, les que afecten els moviments del cel, fonamentades en demostracions astronòmiques i geomètriques i que*



*procedeixen de minucioses observacions. La qual cosa no vol dir que Copèrnic no hagi parat esment als passatges de la Sagrada Escripura, però una vegada demostrada la seva doctrina, estava convençut que de cap manera podia estar en contradicció amb elles. És per això que acaba el prefaci dirigit al Sobirà Pontífex expressant que si existissin matailógoi (xarlatans), els quals, tot i ser ignorants de la matemàtica, es permetessin jutjar la seva doctrina amb algun passatge de la Bíblia deformat especialment per als seus propòsits, no es preocuparia d'ells en absolut».*

Mentrestant, el frare carmelità Foscarini havia publicat un opuscle que pretenia reconciliar l'astronomia copernicana amb la Bíblia. El cardenal Bellarmino respongué que era permès tractar el moviment de la Terra com a hipòtesi, però no era possible admetre'n la realitat, ja que això faria necessària una nova interpretació d'alguns passatges bíblics. Galileu objectà que la Bíblia no havia estat escrita per donar suport a cap teoria científica, però la seva obra va tornar a ser examinada, en aquesta ocasió *La Teoria de les Marees*, i s'hi trobaren dues proposicions problemàtiques i se'n va fer la corresponent censura.

La primera era la que sostenia que *el Sol està situat al centre de l'Univers i no té moviment local*. La censura va ser:

*«Tots consideram nècia i absurda aquesta proposició des del punt de vista de la Filosofia, a més de formalment herètica, ja que contradiu expressament el que diu la Bíblia tant en sentit literal com en el que li atribueixen els sants pares i els doctors en Teologia».*

La segona proposició problemàtica era:

*«Que la Terra no està situada al centre de l'Univers ni és immòbil, sinó que es mou tota ella, fins i tot amb el moviment diari. Aquesta proposició mereix idèntica censura que l'anterior».*

El que no esperava Galileu era que el text fos examinat pels filòsofs. Els teòlegs haurien dictaminat que el vertader sentit de la Bíblia concordava amb qualsevol hipòtesi astronòmica que es verificués en la naturalesa, mentre que els filòsofs donaven la raó a l'escola filosòfica hegemònica que rebutjava el moviment terrestre.

Pau V demanà a Bellarmino que li notifiqués a Galileu que havia d'abstenir-se de sostenir i defensar les proposicions censurades, i el 5 de març de 1616 s'inclouïen a l'*Index* de llibres prohibits totes aquelles publicacions que defensaven la realitat del moviment de la Terra: el llibret de Foscarini va ser prohibit, Copèrnic suspès fins a ser corregit i el *Comentari a Job* de Diego de Zúñiga suspès fins a ser corregit.

El 1624 Galileu dedicava *Il Saggiatore* a Mafeo Barberini, futur Urbà VIII, que en aquell moment era un dels seus patrons romans. El text, ric en reflexions al voltant de la naturalesa de la ciència i del mètode científic, conté la famosa idea que *el llibre de la naturalesa està escrit en llenguatge matemàtic*.

Per tal de poder publicar la teoria de les mareas se li recordà a Galileu que havia de considerar hipotètic el moviment de la Terra. Se li aconsellava que canviés el títol *Dialogo sulle maree* per no subratllar els arguments físics a favor del moviment terrestre. El nom definitiu seria *Diàleg sobre els dos màxims sistemes del món, ptolemaic i copernicà*, que es publicà el 1632. En el text els punts de vista aristotèlics defensats per Simplicí eren confrontats pels de la nova astronomia defensats per Salviati. Sagredo, que moderava el diàleg, assistia a la manifesta inferioritat dels arguments de Simplicí, tot i l'errònia prova de les mareas com argument a favor de l'heliocentrisme.



**Figura 6.** Galileu davant el tribunal de la Inquisició. Oli de Joseph Nicolas Robert-Fleury (1847).

La Inquisició ordenà suspendre el *Dialogo*, i Urbà VIII, que havia estat amic personal de Galileu abans de ser papa, es mostrà inflexible, cregué que Galileu l'havia enganyat deliberadament: algú li havia fet arribar al Pontífex una acta notarial sense firma de 1616, en què Galileu era comminat a no sostenir ni defensar l'opinió copernicana.

Galileu aportà la declaració escrita de Bellarmino de 1616 per la qual li era comunicada la impossibilitat de sostenir ni defensar la hipòtesi

copernicana, però en la qual s'admetia que podia ser acceptada com a suposició. Però tot i demostrar que no havia desobeït l'Església el 1616, l'absolució de Galileu suposà una dificultat insuperable per a l'Església, i s'acordà que Galileu havia de reconèixer que s'havia equivocat en algun punt del *Diàleg*.

El procés contra Galileu (Fig. 6) culminà el 1633 amb la seva abjuració:

*«Després d'haver estat jurídicament advertit per aquest Sant Ofici que havia d'abandonar la falsa opinió que el Sol sigui el centre del món i que no es mogui i que la Terra no sigui el centre del món i que no es mogui i que la Terra no sigui el centre del món i es mogui, i que no podia mantenir, defensar ni ensenyar de cap manera, ni de paraula ni per escrit, l'esmentada falsa doctrina. I després de ser-me notificat que la tal doctrina és contrària a la Sagrada Escripura, vaig escriure i vaig donar a la impremta un llibre al qual tract de la mencionada doctrina perniciosa i aport raons amb molta eficàcia a favor d'ella, sóc jutjat vehementment sospitós d'heretgia...»*

*Abjur, maleesc i rebuig els esmentats errors i heretgies i en general, tots i cadascun dels altres errors, heretgies i sectes contràries a la Santa Església; i jur que en el futur mai no diré ni afirmaré, de paraula o per escrit, coses tals que per elles es pugui tenir sospita semblant de mi...»*

El veredict de *vehement sospita d'heretgia* allunyà Galileu de l'Església que estimava. Era el segon error, després del decret de 1616, comés per una institució a la qual els homes recorrien buscant la veritat. I condemnava el treball de la seva vida.

La condemna fou de presó perpètua, commutada per arrest domiciliari. Abatut i malalt es retirà a la seva vil·la d'Arcetri, *Il Gioiello*, que havia adquirit el 1631, per estar prop de les filles. Va ser vigilat per agents de la Inquisició fins a la mort.

Galileu va poder completar l'última de les seves obres, els *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze*, que s'hagué de publicar a l'estranger (Leiden, 1638). En la més important de les seves obres, assentava les bases físiques i matemàtiques per a l'anàlisi del moviment, partint de la discussió sobre l'estructura i la resistència dels materials. Demostrà la llei de caiguda dels greus i elaborà la teoria dels projectils. La seva obra seria la pedra angular de les lleis de la mecànica, que formularien els científics de la generació següent. Newton llegí els *Discorsi* en l'edició de 1661.

Alguns autors han volgut relacionar les idees relacionades amb l'atomisme que circulen per l'obra de Galileu amb la seva condemna, ja que la hipòtesi atomística contradiria el dogma de la transsubstanciació vinculat al

sagrament de la comunió, però la documentació del procés no sembla recolzar aquesta idea (Redondi, 2001a, 2001b).

En la matinada del 9 de gener de 1642 Galileu morí a Arcetri confortat per dos deixebles, Vincenzo Viviani i Evangelista Torricelli, amb els quals se li havia permès convida els darrers anys.

El mateix mes l'assistent del cardenal Barberini, un dels tres que es negaren a signar la condemna de Galileu escrivia:

*«Avui he rebut notícies de la mort del senyor Galileu, una pèrdua que commociona Florència i el món sencera, així com a tot el segle que deu la seva esplendor a aquest home diví, molt més que quasi a tots els altres filòsofs. Ara, en acabar-se l'enveja, es començarà a reconèixer com n'era de sublim el seu intel·lecte, que servirà de guia a tota la posteritat en la recerca de la veritat».*

El 31 d'octubre de 1992 Joan Pau II reconegué que en la *Carta a la Gran Duquessa* Galileu havia formulat els criteris epistemològics necessaris per a conciliar la Sagrada Escripura i la ciència. Benet XVI recordà el 2008 que Galileu veia la naturalesa com un llibre escrit per Déu, com la Bíblia.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Biagioli, M. (1993). *Galileo Courtier*. University of Chicago Press. 402 pp.
- Drake, S. (1986). *Galileo*. Alianza, Madrid. 148 pp.
- Galilei, G. (1910). *Sidereus Nuncius. Venetiis, apud Thomam Baglionum*. [http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYTPublicaciones/sidereus\\_catalan.pdf](http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYTPublicaciones/sidereus_catalan.pdf)
- Galilei, G. (1995). *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. (Beltrán Marí, A. ed.). Alianza, Madrid. <http://www.webexhibits.org/calendars/year-text-Galileo.html>
- Galilei, G. (1986). *Cartas del Señor Galileo Galilei, Académico Linceo: escritos a Benedetto Castelli y a la Señora Cristina de Lorena, gran duquesa de Toscana*. De la Fuente, P.; Granados, X.; Reus, F. (eds.). Alhambra, Madrid.
- Galilei, G. (1981). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Solis, C.; Sádaba, J. (eds.) Editora Nacional, Madrid.
- Galilei, G. (1984). *El ensayador*. Revuelta, J.M. (trad. y ed.), Aguilar, Buenos Aires, 1984.

- Galilei, G. (2006). *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*. Alianza, Madrid. 168 pp.  
<http://www.pensament.com/filoxarxa/filoxarxa/tautlzn7.htm>
- Koyré, A. (1989). *Del mundo cerrado al universo infinito*. Siglo XXI, Madrid. 268 pp.
- Navarro Brotons, V. (2001). *Galileo y España*. In: Montesinos, J.; Solís, C. (eds.) *Largo campo de filosofare. Eurosymposium Galileo 2001*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. 809-830.  
[http://www.gobcan.es/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/largo\\_campo/cap\\_07\\_03\\_Navarro.pdf](http://www.gobcan.es/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/largo_campo/cap_07_03_Navarro.pdf)
- Redondi, P. (2001). *I Problemi dell'atomismo*. In: Montesinos, J.; Solís, C. (eds.) *Largo campo de filosofare. Eurosymposium Galileo 2001*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. 661-676.  
[http://www.gobcan.es/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/largo\\_campo/cap\\_05\\_03\\_Redondi.pdf](http://www.gobcan.es/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/largo_campo/cap_05_03_Redondi.pdf)
- Rosselló Botey, V. (2011). *L'impacte del telescopi en història de les observacions astronòmiques*. In: Ginard, A; Pons G.X, Vicens, D. (eds.) *Història i ciència: commemoració dels 40 anys de l'arribada de l'home a la Lluna*. Palma. Soc. Hist. Nat. Balears. 27-41.
- Shea, W.R. (1983). *La Revolución intelectual de Galileo*. Ariel, Barcelona. 234 pp.
- Taton, R.; Wilson C. (eds.) (1989). *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics, Part A, Tycho Brahe to Newton*. Cambridge University Press.



# Steno i el seu temps: una visió dels inicis de la geologia

Damià Crespí

---

Crespí, D. (2016). Steno i el seu temps: una visió dels inicis de la geologia. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 67-121. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Steno ha estat considerat un dels pares de la geologia com a ciència. Les seves contribucions estan incloses en el camp de la cristal·lografia (Llei de constància dels angles diedres), de la paleontologia (reconeixement dels fòssils com a parts d'organismes que visqueren en el passat), de l'estratigrafia (conceptes d'estrat i sediment, i tres principis bàsics de l'estratigrafia: principis de la superposició dels estrats, principi de l'horizontalitat original dels estrats i principi de la continuïtat lateral dels estrats), de la geologia regional i de la geologia històrica (estableix les bases per a la datació relativa i per a la reconstrucció històrica d'un indret). A més, va fer importants contribucions en la ciència mèdica del seu temps: estudi de les glàndules i descobriment del conducte d'Steno de les glàndules paròtides, estudi dels músculs, del cervell, del cor i de l'aparell reproductor; i va demostrar la falsedat de les idees de Descartes sobre la interacció entre ànima i cos. A més, el seu estudi de l'aparell reproductor femení del tauró va assentar un precedent en el descobriment dels fol·licles ovàrics per Reinier de Graaf i en el naixement de la teoria ovista. La influència d'Steno en el camp de la geologia fou molt elevada, i especialment notable en les idees geològiques del filòsof i matemàtic Gottfried Wilhelm Leibniz, així com també entre els diluivistes anglesos (especialment John Woodward) i en el pare de la geologia italiana i un dels creadors de l'estratigrafia, Giovanni Arduino.

## INTRODUCCIÓ

**N**iels Stensen (1638-1686), més conegut pel seu nom llatinitzat de Nicolaus Steno, fou un dels fundadors de la geologia com a ciència (Sequeiros, 2003; Duque, 2002) juntament amb James Hutton, Charles Lyell i Charles Darwin.

A Steno se li deu la consideració definitiva dels fòssils com a parts d'organismes que havien viscut en el passat i que es trobaven a l'interior de les roques, la introducció dels conceptes d'estrat i sediment, tan importants per a la ciència geològica, la llei de la constància dels angles diedres dels cristalls, que suposà l'inici de la ciència de la cristal·lografia, i la introducció de tres principis bàsics de l'estratigrafia (el principi de superposició dels estrats, el principi d'horizontalitat inicial dels estrats i el principi de continuïtat lateral dels estrats) que donen inici a la ciència de l'estratigrafia i que permeteren el desenvolupament de la geologia de camp, la cartografia geològica i la tectònica. Per això la seva figura és tan rellevant per al desenvolupament de la ciència geològica.

Fins fa poc temps Steno ha romàs com un dels grans oblidats de la història de la ciència, almenys al nostre país. És d'agrair la tasca realitzada per Leandro Sequeiros que traduï la seva obra principal *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* per primer cop al castellà (Sequeiros, 2003). També s'ha fet recentment una traducció de la part amb contingut geològic del *Canis Carchariae dissectum caput* a càrrec de Sequeiros i Pelayo (2005). No existeix cap traducció de les seves obres al català.

S'ha de destacar la gran tasca realitzada fa poc per Sequeiros i Pelayo (2011) per tal de situar la figura d'Steno al lloc que es mereix.

Steno escrigué poc, quasi tota la seva producció científica en el camp de la geologia es troba en dos llibres, el primer té el títol llarguíssim de *Elementorum myologiae specimen, seu musculi descriptio geometrica. Cui accedunt Canis Carchariae dissectum caput et dissectis piscis ex canum genere* publicat a Florència al 1667, que consta de tres treballs independents, el segon dels quals és el que té contingut geològic. El segon dels llibres, *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, publicat a Florència al 1669, i en el qual exposa les seves idees geològiques. Posteriorment a la publicació d'aquesta obra Steno abandonà la seva tasca científica per passar a escriure exclusivament llibres de teologia i d'espiritualitat.

Quan abordam l'estudi d'un autor antic com Steno no podem fer-ho de la mateixa manera com ho fariem amb un autor contemporani. En el cas d'un autor contemporani nosaltres estariem immersos en el mateix món que l'autor, sabriem quin és el pensament imperant en el nostre temps (filosòfic, religiós, social, etc.). No faria falta que ens ho explicassin ja que nosaltres el viuríem de la mateixa manera que el que escriu. En canvi no passa el mateix amb els



autors antics, ens perdrem la major part del seu raonament si no sabem entendre el pensament de la seva època. Així ens podríem demanar: per què Steno inverteix tant de temps en demostrar que els fòssils són restes d'organismes d'altra temps, si per a nosaltres és un fet evident? I efectivament és un fet evident i inqüestionable per a nosaltres i per a les persones del nostre temps, però no era així per a les persones del segle XVII que tenien altres explicacions per als fòssils (capricis de la natura, avortaments de la generació espontània, objectes generats per la *vis plastica* de la natura, imatges d'objectes màgics o celestials, ornaments de la naturalesa, objectes generats per miracles de sants famosos).

Així com diu Kuhn (1962), el coneixement humà mai és una producció asèptica o imparcial sinó que està influenciada per l'entorn en què es troba l'autor. És per això que he dedicat tant de temps en descriure les idees que es manejaven en el segle XVII, el temps d'Steno. Tal com ens mostra Kuhn (1962) les ciències funcionen amb paradigmes, que imposen el marc en el qual les teories particulars tenen sentit. Quan un paradigma deixa de funcionar es produeix una revolució científica de la qual en sorgirà un nou paradigma. Al segle XVII es produïren diverses revolucions científiques, de les quals l'astronòmica i la física són les més conegudes però també es produïren canvis de paradigma en les ciències químiques (on cal remarcar el paper de Boyle), en les ciències mèdiques (amb Harvey com a figura més destacada) i en les ciències geològiques (amb Steno com a protagonista). De fet, totes les revolucions científiques que es produïren al segle XVII vingueren propiciades pel canvi de mentalitat que suposaren les transformacions filosòfiques que s'experimentaren en aquest període. En el segle XVII sorgiren el racionalisme de Descartes, Spinoza i Leibniz, i l'inductivisme de Bacon.

## **ELS PRECEDENTS D'STENO: EL SEGLE XVI I EL NAIXEMENT DE LA GEOLOGIA MODERNA**

Segons Alsina (2006) foren cinc les causes que propiciaren el canvi de pensament del segle XVI:

- L'erudició humanística, que tengué com a conseqüència una relectura dels clàssics com Aristòtil i un redescobriment d'altres filòsofs com Plató i Plotí.
- La reforma protestant, molt influenciada pel moviment humanístic, i que suposa una relectura de la Bíblia. Això suposarà un retorn a les fonts bíbliques originals, un rebuig a l'autoritat i al dogma i una valoració de l'esforç individual.
- El desenvolupament econòmic de la burgesia que té com a conseqüència una valorització de les activitats lliberals, acabant amb la separació entre les arts nobles, filosòfiques i teòriques, que a

l'escolàstica medieval tenien com a objectiu el coneixement desinteressat de la natura com a manifestació de la grandesa de Déu, i les arts mecàniques, pròpies de classes baixes. La unió de la teoria i la pràctica crearà un nou tipus de coneixement que enriquirà tant la filosofia, que baixarà de la seva torre de marfil, com la tècnica, que vendrà dotada d'una base teòrica forta.

- El redescobriment de la filosofia neoplàtonica, que s'unirà a la filosofia hermètica, amb afegits de la màgia natural, de l'astrologia i dels estudis cabalístics.
- La invenció de la impremta al segle XV.

El creixement de les ciutats està molt lligat al desenvolupament de la burgesia, formada per comerciants i artesans. Així les ciutats del nord d'Itàlia com ara Florència, Pisa o Pàdua, que també foren importants centres culturals. De fet la cultura europea dels segles XVI i XVII tindrà el seu centre neuràlgic a aquestes ciutats del sud d'Europa.

La invenció de la impremta i el mecenatge dels nobles, crearà un nou tipus d'intel·lectual que ja no estarà relegat a les universitats sinó que viurà del suport de la classe nobiliària i dels llibres que escrigui. De fet les universitats, després de liderar l'avantguarda del pensament de l'Edat Mitjana, quedaran relegades a un segon plànol en el panorama intel·lectual, fins a la seva profunda renovació al segle XVIII.

Quant a la filosofia, el paradigma de l'aristotelisme passat pel sedàs de Sant Tomàs d'Aquino quedà supeditat a les universitats més conservadores, com la de París. No desaparegué i encara donà figures destacables però no és ja el més seguit per la intel·lectualitat europea. En comptes d'aquest pensament, n'apareix un de nou que serà el dominant durant el segle XVI, el neoplatonisme. Aquest es troba fortament influenciat per la filosofia hermètica. L'hermetisme sorgeix pel redescobriment dels escrits d'Hermes Trismegist, un escriptor que probablement visqué als voltants del segle I dC, però que els seus seguidors el feien molt més antic, de l'època de Moisès, i que segons aquests podria haver estat la font d'inspiració del pensament de Plató.

En el neoplatonisme hermètic es desdibuixa la frontera entre la màgia i la ciència, i obre la porta a l'entrada d'altres pensaments com l'astrologia, la màntica i la càbala. Segons aquesta filosofia l'objectiu de la ciència ja no era l'observació desinteressada de la natura, com afirmava la filosofia escolàstica, sinó el domini de la natura (Alsina, 2006). Segons la filosofia neoplàtonica renaixentista hi ha una analogia entre el Microcosmos (el cos humà) i el Macrocosmos (tot l'univers). El Macrocosmos és vist com a un gran organisme en què totes les parts estan relacionades per afinitats ocultes que es manifesten per «*simpaties*» i «*antipaties*». Les forces d'atracció i repulsió, com les de la magnetita i l'ambre, s'expliquen d'aquesta manera. Les forces més poderoses són les dels cossos celestes, d'aquí la importància de l'astrologia. En els documents recuperats d'Hermes Trismegist s'explica que

l'home té capacitat per dominar la natura a través de la màgia natural. Per tal finalitat cal capturar i explorar les poderoses influències dels astres que es poden identificar amb entitats terrestres. D'aquí ve el poder de les pedres precioses, ja que mostren la qualitat celeste de la lluïssor.

Aquesta manera de pensar propicià un retorn de l'alquímia que havia estat en decadència durant els segles XIV i XV, després que el papa Joan XXII la declaràs anatema al 1317. L'alquimista més famós del segle XVI fou conegut amb el nom de Paracels (1493-1551). En realitat Paracels és un pseudònim, que vol dir semblant a Cels, un metge romà del segle I que havia estat redescobert al segle XV i se n'havia fet una àmplia difusió de les seves obres gràcies a la impremta. El nom autèntic de Paracels era Teophrastus Bombastus von Hohenheim. En aquest autor es fusionen l'alquímia, la medicina i l'orientació mística de la filosofia de l'època. El seu interès ja no és l'obtenció d'or (Asimov, 1965) sinó la medicina enfocada a l'obtenció de medicaments. Recull les idees tradicionals de l'alquímia i reconeix l'existència dels quatre elements dels grecs (foc, aire, aigua i terra), encara que se centrarà més en els tres principis dels àrabs (mercuri, sofre i sal). Cercà la pedra filosofal en la funció d'elixir de la vida, i fins i tot afirmà que l'havia trobada. En el camp de la química (Asimov, 1965) va obtenir el metall zinc, del qual de vegades se'l considera el descobridor, encara que era conegut des de l'antiguitat, almenys en aliatge amb el coure (llautó).

En el camp de la medicina les aportacions de Paracels provenen dels seus coneixements alquímics. Deixa de banda les alteracions humorals galèniques i considera que la malaltia era una alteració específica que requeria un tractament també específic (Alsina, 2006), així es crearen els primers medicaments artificials no basats en les plantes, com fins abans, sinó que també es basaven en ingredients minerals. Segons la concepció mèdica de Paracels l'ordenació dels tres principis es devia a una força vital anomenada arqueu. La malaltia (reuma, inflamació, gota, etc...) es produïa per una acció insuficient de l'arqueu (López, 2006). Per Paracels hi ha arcs que corresponen a principis curatius, per a malalties concretes. La idea de l'arcà està molt relacionada amb la filosofia neoplatònica. Paracels fou un personatge polèmic, almenys durant mig segle després de la seva mort, amb tants de seguidors com detractors. Els seguidors valoraren especialment el contingut místic de les seves idees.

Libavius (Andreas Libau, aproximadament 1540-1616), es pot considerar el darrer dels alquimistes importants, i suposa el fi de l'alquímia mística (Asimov, 1965). A la seva obra *Alquímia* (1597) resumeix les fites obtingudes pels alquimistes antics. Està escrit sense misticisme. Es mostra d'acord amb Paracels: l'objectiu més important de l'alquímia és el de servir d'auxiliar de la medicina i no l'obtenció de l'or, rebutja però els continguts místics dels paracelsians. Fou el primer en preparar l'àcid clorhídric, el tetraclorur d'estany i el sulfat d'amoni, i descriu la preparació de l'aigua règia (mescla d'àcids nítrics i clorhídric capaç de dissoldre l'or).

En el camp de la medicina l'aportació més important fou la d'Andreas Vesalius (en català també anomenat Andreas Vesal, 1514-1564). La seva obra més important fou *De humani corporis fabrica* (*Sobre l'estructura del cos humà*, 1543) que constitueix una exposició detallada sobre l'anatomia humana basada en la dissecció de cadàvers (López, 2006). Així obre dues línies en la medicina i en la ciència en general que foren extraordinàriament fecundes. La primera és no basar la ciència en les teories dels savis antics, sinó que es basava en l'observació de la mateixa naturalesa. La segona de les grans aportacions foren els gravats; obra il·lustrada amb una col·lecció de gravats anatòmics de precisió extraordinària per l'època. Va inaugurar la tradició d'usar la il·lustració científica, introduint la idea que la ciència no necessitava només la raó i la paraula sinó també la imatge. Vesalius agrupà les parts del cos humà segons les funcions que realitzen enlloc d'estudiar-les conjuntament com els galènics. Així la medicina fou la primera disciplina que s'independitzà dels sabers clàssics (López, 2006).

El mateix any en què es publicà *De humani corporis fabrica* (1543) també es publicà una altra obra que canvià notablement el panorama científic del món occidental, *De revolutionibus orbium coelestium* de l'astrònom polonès Nicolau Copèrnic (en polonès Mikołaj Kopernik, 1473-1543). Aquesta obra va tenir un impacte molt fort en el món occidental ja que suposà que la Terra era un planeta com els altres, això trenca la concepció aristotèlica de l'univers, amb la divisió entre món infralunar i el supralunar. La Terra deixa de ser un lloc privilegiat, on es troba l'element terra (el més pesat i groller) i al centre es troba l'infern com a signe de la màxima corrupció. Des d'aquest punt de vista la cosmologia medieval s'enfonsà com un castell de cartes, la nova astronomia necessitava una nova cosmologia i la nova cosmologia una nova física (Alsina, 2006).

En el segle XVI es pot dir que també s'inicia la geologia com a ciència. Aquesta ens va venir de la mà del metge i mineralogista Georgius Agricola (en alemany Georg Bauer, 1494-1555). La seva obra més important és *De re metallica* que es va publicar de manera pòstuma al 1556. Agricola és un exemple clar d'intel·lectual del segle XVI, és un humanista i reivindica la figura de l'home treballador, exalta el valor de la tècnica com una manera de millorar les condicions de vida humanes. Agricola ennoblex definitivament la figura de l'*homo faber* (Alsina, 2006). Va treballar com a metge als monts Metàlics (*Erzgebirge* en alemany i *Krušné hory* en txec) a la frontera entre Saxònia i Bohèmia, on pogué establir coneixement sobre la mineria i les seves tècniques. Exposà els seus coneixements pràctics sobre mineria amb un estil clar i amb bones il·lustracions. Agricola tracta temes diferents relacionats amb l'activitat minera i amb la geologia (Alsina, 2006):

- L'origen de les aigües subterrànies, que Agricola considera que és múltiple: pluges, gènesi subterrània, infiltracions marines.
- Rebutja la idea del foc central, però admet la combustió subterrània del carbó, l'asfalt i el sofre.

- Considera tres forces que originen les muntanyes: l'aire que té una importància secundària en la formació de les dunes, l'aigua que forma i destrueix les muntanyes i el foc en la formació dels volcans.
- Origen dels minerals: defuig de interpretacions místiques i poc clares. Considera la calor i el fred com a agents generadors que es formen al subsòl, a les *venes* i *venícules*, en un concepció preorganicista que es desenvolupà al segle següent. Segons aquesta concepció l'aigua transporta els materials *terrosos* i per altra banda *absorbeix* metalls. Així s'acosta al concepte modern de solució i defuig la idea tradicional de la transmutació.
- Presenta una descripció estratigràfica de les unitats fixades per la tradició minera. En concret descriu la seqüència que recobreix les pissarres de Mansfeld al peu del Hartz. Aquesta seqüència, que avui en dia sabem que pertany al Permià superior, aflora àmpliament entre Saxònia i Turíngia. Anomena 17 nivells segons la nomenclatura usada pels miners. No aporta cap teoria genètica sobre la formació de les capes.
- Fa una classificació de fòssils, que en la concepció antiga es referia a qualsevol objecte excavat, tengués o no origen biològic.

Un altre autor a tenir en compte és Gesnerus (Conrad von Gesner, 1516-1565), especialment amb la seva obra *De rerum fossilium* (1565). També era metge, filòleg i humanista, com Agricola (Alsina, 2006). En aquesta obra el concepte de fòssil s'entén en sentit antic, com a qualsevol objecte excavat. Utilitza profusament les il·lustracions, com Agricola i Vesalius, cosa que permet la identificació amb precisió. Considera, com Paracels, que els objectes minerals poden ser útils per a la medicina, i explota el concepte neoplatònic de poder o *vis* dels fòssils. La formació dels fòssils s'explica per *la vis plastica*, és a dir la capacitat de la naturalesa per crear formes semblants (Simpson, 1985). Segons la concepció neoplatònica és més important la classificació dels objectes de la natura que trobar les causes dels seus orígens (Alsina, 2006).

Una altra obra important sobre els fòssils és la de Goropius (Jan van Gorp, 1518-1572). Goropius era un metge de l'escola del neoaristotelisme de Pàdua, que convisqué amb el paradigma neoplatònic renaixentista. El neoaristotelisme es trobava molt estès a la universitat de Pàdua, que fou l'*alma mater* de grans figures de la medicina dels segles XVI i XVII com Fabrizio d'Acquapendente i William Harvey. En aquesta escola filosòfica s'estableix una diferenciació clara entre els objectes vivents i els no vivents, per tant es rebutja entendre l'univers com un gran organisme. Segons el punt de vista dels neoaristotèlics, els organismes vius més senzills es poden formar per generació espontània a partir de la matèria no vivent, però també es poden formar organismes més complexos a partir de llavors específiques (Simpson, 1985; Alsina, 2006). Goropius a la seva obra més important *Origines Antwerpianae* (1569) interpreta els fòssils formats a partir de llavors que no han trobat la matèria apropiada per formar-se al lloc on han anat a parar. Així

doncs, els fòssils comparteixen la forma amb l'organisme vivent que els correspon però no la seva matèria.

## LES CIÈNCIES NATURALS EN EL MARC DE LA REVOLUCIÓ CIENTÍFICA DEL SEGLE XVII

Sens dubte el segle XVII és un dels segles més complexos i interessants del pensament occidental, en ell es crearà el pensament racional i inductivista que dominarà la filosofia i la ciència fins a l'actualitat i que es transmetrà a la resta del món. També s'ha de remarcar que el segle XVII és una època de trànsit entre el pensament medieval i renaixentista per una banda, i el modern per l'altra. Per això no és estrany que molts dels protagonistes d'aquesta època (Kircher, per exemple) es moguessin entre els dos mons, el del pensament renaixentista de bases medievals, i el modern.

En aquest segle es faran tres revolucions que canviaran per sempre la cultura occidental. La primera és la filosòfica que tindrà com a personatges més rellevants a Descartes i a Francis Bacon. La segona serà la tecnològica amb els importants descobriments del telescopi i del microscopi que ens descobriran que existeix una realitat molt més enllà del que poden veure els nostres ulls i que ens permet interpretar el món en què vivim. La tercera serà la científica, que en la primera meitat del segle tindrà com a figura central a Galileu i a finals del segle a Newton.

La revolució filosòfica tindrà com a resultat el naixement de dues formes de pensar que marcaran l'evolució del pensament en els segles següents. La primera és el racionalisme de René Descartes (en llatí *Renatus Cartesius*, 1596-1650). Aquesta filosofia es basava en tres principis claus: 1) el predomini de la raó, que considerava la raó com a el mitjà més adient per assolir la veritat per damunt de les altres coses (per exemple les percepcions dels sentits i l'autoritat dels autors antics); 2) el dubte metòdic, com a manera per assolir coneixements veritables, que es captaven per mitjà de la intuïció i de la deducció; 3) el mètode d'anàlisi i síntesi, és a dir descompondre el problema en totes les seves parts (anàlisi), per anar-les estudiant per separat i acabar integrant-les en un tot (síntesi). Pel seu trencament amb la filosofia clàssica i per encetar una manera de fer les coses que se seguirà en els segles posteriors, Descartes és considerat el pare de la filosofia moderna. La filosofia racionalista cartesiana dominarà el pensament europeu continental fins al segle XIX. Existia a Europa una altra filosofia que serà la predominant a les illes Britàniques i que té els seus fonaments en la figura de Francis Bacon (1561-1626). La seva obra més important és el *Novum Organum* (1620) en la qual diu que la l'única manera d'assolir la veritat és a través del que experimentam. Proposa el mètode inductiu que pretén sistematitzar amb l'ús de taules. També ens parla dels obstacles que ens impedeixen arribar a la veritat que Bacon anomena *ídols*. En tot cas la nova filosofia suposa un trencament amb la

filosofia clàssica ja que no accepta ni els seus preceptes ni la seva autoritat, i dóna més importància a les ciències (matemàtiques en el cas de Descartes i ciències naturals en el cas de Bacon).

Com ja hem dit abans la invenció del telescopi suposà un important avenç en el coneixement i en la concepció que es tenia de l'Univers. Amb aquest instrument es feren descobriments que canviarien per sempre la imatge de l'Univers. Com és ben conegut el pioner en l'ús astronòmic d'aquest instrument fou Galileu (Galileo Galilei, 1564-1642). Amb aquest instrument va descobrir les fases de Venus i els satèl·lits de Júpiter, cosa que contribuï a reforçar la teoria heliocèntrica de Copèrnic. També va poder veure que la Lluna no era una esfera perfecte sinó que tenia un relleu format per muntanyes i valls, cosa que va ajudar a tombar la idea aristotèlica de la perfecció dels cossos celestes, unificant així el món supralunar i l'infralunar. Al mateix temps que s'inventà el telescopi també és feu un altre gran descobriment per a les ciències naturals, el microscopi. Segons Alsina (2006) l'impacte que tengué aquest descobriment no fou immediat a les ciències naturals ja que calia una nova teoria per interpretar el que es veia. Sense rebutjar aquest punt de vista es pot fer una altra interpretació. Tal com diu López (2000) la qualitat dels microscopis abans de la primera meitat del segle XIX era molt baixa degut a l'aberració cromàtica. Aquest defecte feia que les imatges obtingudes amb microscopi no fossin nítides sinó que presentaven vores *decorades* amb els colors de l'arc de Sant Martí. Els telescopis pogueren evitar aquest defecte amb els miralls reflectors, cosa que feu avançar més l'observació astronòmica que la biologia, vista a través del microscopi. A més, l'observació de punts en el cel és més senzilla que la de teixits vius, que varen requerir, per acabar de complicar la cosa, de tècniques complexes de preparació de mostres i de tincions, per poder ser vistes amb claredat. Amb tot això no és estrany que l'astronomia avançàs a passos de gegant mentre que la biologia ho fes a passetes de formiga. De totes formes són de destacar les observacions fetes per Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) i per Robert Hooke (1635-1703), el qual utilitzà per primera vegada el terme cèl·lula i fou el primer que usà el microscopi per observar els fòssils (Sequeiros, 2003), encetant així una era en què aquest instrument ha estat una de les eines més importants pels geòlegs.

Al segle XVII ja era evident que la física aristotèlica començava a fer aigua, especialment per explicar el moviment dels projectils i la de la caiguda dels cossos pel seu pes. Per això varen aparèixer dues noves físiques que explicaven la dinàmica: la de Galileu i la de Descartes. En primer lloc convé repassar el que diu la física aristotèlica. Mosterín (2006) defineix la física d'Aristòtil com a una cinemàtica informal. Segons aquesta la velocitat és directament proporcional a la força exercida i inversament proporcional a la resistència i a la massa que es mou. L'equació fonamental de la dinàmica aristotèlica seria  $V=F/(M \cdot R)$ , on  $V$  és la velocitat,  $F$  és la força,  $M$  la massa i  $R$  la resistència. Enquadrat en aquest enfocament el buit no té sentit ja que suposaria una resistència nul·la i per tant faria possibles moviments amb velocitats infinites. La dinàmica aristotèlica tampoc no explica el moviment de

projectils, ja que cap força actua sobre ells. Pensadors posteriors proposaren la teoria de l'*impetus* que seria una força transferida al projectil i que actuava sobre aquest fins al seu esgotament. D'altres ho explicaven com a la força que exercia l'aire sobre el projectil, però en cap dels dos casos quedava plenament explicat.

Per altra banda, la física d'Aristòtil explica la gravetat com a la tendència que tenien els elements a ocupar el seu lloc natural a la natura. Així els objectes formats per l'element terra tendien a situar-se el més aprop possible del centre de la Terra. El foc ascendia cap al cel, l'aire se situava a l'atmosfera i l'aigua s'escampava sobre l'horitzó. De totes formes les propietats dels objectes que queien en caiguda lliure no quedaven ben explicades ja que la seva velocitat anava augmentant a mesura que s'acostaven al terra, quan la lògica en deia que haurien d'anar cada vegada més a poc a poc. Aquestes incongruències ja es veien a l'antiguitat però encara ningú havia trobat una explicació més satisfactòria.

També hi havia els moviments celestes. Segons Aristòtil, el Cel, com la Terra, estava format per una sèrie d'esferes concèntriques, cada una de les quals corresponia a un planeta, després venia l'esfera de les estrelles fixes. En la concepció aristotèlica de l'univers cada esfera movia la que tenia per davall i al seu torn era moguda per la que tenia per damunt. Al final de tota la seqüència i més enllà de la darrera esfera, ocupada per les estrelles fixes, hi havia el Motor Immòbil de l'Univers, que els aristotèlics identificaven amb Déu. Hi havia doncs, una dinàmica celeste i una altra terrestre.

La teoria heliocèntrica de l'Univers trencava aquesta concepció. Per què la Terra hauria de funcionar diferent si no ocupava un lloc privilegiat de l'Univers? Si la Terra era un planeta, per què no funcionava com un altre planeta?

A l'any 1600 William Gilbert (1544-1603) publicà un llibre que tendria molta influència en la física posterior, *De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure*. Segons aquesta obra la Terra funciona com a un gran imant, que atreu les busques de les brúixoles. La naturalesa de les forces que poden actuar a distància, com la magnètica i l'elèctrica, hauran de trobar la seva explicació, encara que al segle XVII encara no s'escaparà totalment del misticisme que impregnava la filosofia natural renaixentista.

La primera dinàmica alternativa a l'aristotèlica fou la de Galileu. Creà una nova dinàmica que explicava millor el moviment, però justament per haver-se enfrontat amb les idees d'Aristòtil tengué els primers enfrontaments. En primer lloc, en la dinàmica galileana trobam el principi d'inèrcia, segons el qual quan un cos està en moviment uniforme rectilini la seva tendència és a continuar-lo llevat que alguna força actuï sobre ell. Seguint aquesta idea s'explicava millor el moviment dels projectils, es movien per inèrcia, ja que una vegada que s'havia iniciat el moviment la seva tendència era la de seguir movent-se. Si s'aturaven era perquè xocaven contra qualche objecte o pel fregament. A més del moviment rectilini uniforme Galileu va estudiar tres tipus més de moviments, l'uniformement accelerat que és el que correspon a la



caiguda d'objectes, el de la caiguda de projectils i el moviment del pèndol. Per Galileu les qüestions sobre l'essència del mòbil, de l'espai i del temps deixen de tenir importància, que recau sobre la proporció numèrica entre els dos. Dóna més importància a l'estudi sobre les proporcions físiques (quantitats) que sobre les causes (qualitats).

Galileu no sols fou revolucionari per la física que proposà sinó també per l'enfocament metodològic que utilitzà (l'hipotètic deductiu). Segons aquesta metodologia, la resolució de problemes científics seguia una sèrie d'etapes: 1) resolució, és a dir selecció de les proporcions qualificables; 2) composició, que consisteix en la formulació d'hipòtesis; 3) confirmació experimental. Per aquest darrer punt és important que la confirmació es doni gràcies a la formulació matemàtica i no per l'experiència (és a dir observacions no sistemàtiques fetes sense quantificar).

La revolució de Galileu no sols tocà aquests aspectes ja delicats per ells mateixos, sinó també un altre encara molt més controvertit i que li donà problemes seriosos a la seva vida, apostar per una diferenciació total entre la fe i la ciència. Segons una frase que se li atribueix i que resumeix molt bé el seu pensament, *«la teologia ens diu com anar al cel, no com funciona el cel»*.

Una altra mecànica que tindrà una influència notable és la cartesiana. Descartes proposa un mecanicisme que li servirà per elaborar la seva filosofia natural. Segons Alsina (2006) el mecanicisme és aquella concepció de la matèria segons la qual aquesta està formada per partícules, que poden ser divisibles fins a l'infinit, o només un nombre limitat de vegades (en aquest darrer cas parlarem d'atomisme) i que totes les propietats de la matèria es poden explicar pel moviment i la interacció entre les partícules. Es rebutgen els conceptes de formes substancials, les causes finals i els principis (sec, humit, calent i fred). El mecanicisme cartesià no és atomista ja que ell creu que les partícules poden dividir-se fins a l'infinit, a més el mecanicisme atomista també du implícit l'acceptació del buit entre els àtoms, cosa que xoca amb la ciència de Descartes ja que pensa que totes les forces s'apliquen pel contacte entre cossos. Al no acceptar les forces a distància necessita concebre algun mitjà a través del qual es transmetin les forces que posen en moviment els planetes.

En el mecanicisme cartesià (Alsina, 2006) la matèria està formada per partícules infinitament divisibles, ocupa tot l'espai i consta de tres elements (foc, aire i terra) però les seves propietats no s'expliquen per les qualitats essencials sinó per la mida i el moviment de les partícules. Aquesta darrera propietat és la que suposa un trencament amb la física aristotèlica.

Els dos principis mecànics més importants de la dinàmica cartesiana són el principi d'inèrcia (formulat ja abans per Galileu) i el de conservació de la quantitat de moviment (producte de la massa per la velocitat), que Descartes concep com a un principi universal i que encara es manté per a aquells sistemes en què no actuen forces externes.

Descartes coneixia les observacions fetes per Galileu i l'existència de satèl·lits a Júpiter. Calia doncs explicar perquè hi havia satèl·lits al voltants de

certs planetes (la Terra i Júpiter). Això també suposava entendre com funcionava la gravetat, ja que aquesta era la que permetia que els planetes voltassin a l'entorn del Sol, i alguns satèl·lits (la Lluna i els satèl·lits galileans) a l'entorn dels seus planetes (la Terra i Júpiter). Descartes ho explicava gràcies a remolins de la matèria. Segons la concepció cartesiana del sistema solar, hi havia un remolí principal, al centre del qual hi havia el Sol, i remolins secundaris al voltant dels planetes. Els satèl·lits també tendrien els seus propis remolins, i tot això explicaria, segons la teoria cartesiana, que hi hagués forces d'atracció entre els cossos celestes, ja que aquestes estarien produïdes per l'efecte dels remolins, que atraurien els cossos cap al seu centre. Descartes també aplica la seva teoria a l'origen del sistema solar. Segons aquest, el sistema solar s'hauria format per l'acumulació de la matèria, que originalment es trobava dispersa, al centre dels remolins. És a dir, partiríem d'un sistema solar format per partícules petites i soltes de matèria que s'anirien condensant per l'efecte produït pels remolins i això conduiria a la formació del Sol, dels planetes i dels seus satèl·lits. Aquesta és la primera teoria científica sobre l'origen del sistema solar, que posteriorment fou desenvolupada pel filòsof Immanuel Kant i pel matemàtic Pierre Simon Laplace.

Aquestes mecàniques tengueren una vida efímera ja que a l'any 1687, un any després de la mort d'Steno, es va publicar un dels llibres més importants per a la física i per a la cultura humana, *Philosophia naturalis principia mathematica*, i el seu autor era Isaac Newton (1642-1727). En aquesta obra es presenta la darrera de les mecàniques que sorgiren al segle XVII. La mecànica newtoniana es podia resumir en tres principis: 1) el principi d'inèrcia, un cos es mou amb moviment rectilini uniforme o està en repòs si no hi actuen forces externes; 2) el canvi en la quantitat de moviment (definit com a la massa per la velocitat que té un cos) és proporcional a la força aplicada; si la massa no varia es pot aplicar la fórmula  $F=m \cdot a$  ( $F$ : força,  $m$ : massa,  $a$ : acceleració); 3) principi d'acció i reacció, quan un cos actua sobre un altre rep la mateixa força aplicada però de signe contrari (aquest darrer principi du implícit la conservació de la quantitat de moviment en sistemes que no reben forces externes).

A més d'això, Newton descobrí la llei que regeix la gravitació:

$$F = \frac{G \cdot m \cdot m'}{d^2}$$

*F: força d'atracció gravitatòria, G: constant universal, m: massa d'un cos, m': massa de l'altra cos, d: distància de separació entre els centres dels dos cossos.*

És important senyalar que Newton assumeix l'empirisme de Bacon i Boyle, i que segons la seva concepció de la natura, les matemàtiques deixen de ser un fonament (com havien estat en Kepler, per exemple) per passar a ser un instrument. És a dir, rebutja les interpretacions místiques i cabalístiques de la natura, de la filosofia platònica i pitagòrica. A partir de Newton existiran lleis

matemàtiques que serviran per fer càlculs però que no tendran interpretacions fora del camp de les ciències naturals.

Newton proposa un mètode científic basat en els punts següents:

- Només s'han d'admetre les causes vertaderes i suficients.
- S'han d'assignar causes naturals als efectes naturals.
- Cal una concepció atomista de la matèria, les qualitats generals són: extensió, duresa, impenetrabilitat, mobilitat i inèrcia.
- La ciència experimental és inductiva i s'han de rebutjar les hipòtesis apriorístiques.
- L'espai i el temps són absoluts no relatius.

Malgrat que el pensament de Newton en aquests aspectes sigui totalment modern, no va admetre una separació entre ciència i religió, tal com proposava Galileu, ja que considerava que la ciència havia de servir per demostrar la validesa de les escriptures. A més a més, Newton també pensava que la teoria atomista donava peu a l'antic somni dels alquimistes de la fabricació de l'or a través d'altres metalls.

Un dels personatges claus per al desenvolupament científic del segle XVII fou Robert Boyle (1627-1691) (Asimov, 1965). Té un precedent important en la figura de Jean Baptiste van Helmont (1577-1644) que realitzà experiments que el dugueren a pensar que l'aire estava compost de gasos diferents. De fet fou el primer en usar la paraula gas, que segons Asimov és la manera flamenca de pronunciar *chaos*, paraula grega que recorda el desordre inicial en què es trobava l'univers, i que ja havia estat usat anteriorment per designar els gasos. Van Helmont havia obtingut gasos en cremar la fusta, pensava (correctament) que els arbres fixaven alguns components de l'aire per mitjà d'algun procés orgànic (que actualment sabem que es tracta de la fotosíntesi) i que aquests s'alliberaven a l'aire en el procés de combustió. Va anomenar gas silvestre a aquests gasos, que ara sabem que es tracta del diòxid de carboni.

Boyle es basà en la teoria de que l'aire no estava format per un sol element, tal com deia Van Helmont, i en la teoria atòmica, ideada per Demòcrit i Leucip i que el filòsof Pierre Gassendi (1592-1655) havia tornat a introduir en el pensament occidental, especialment a través dels comentaris que havia fet sobre les obres d'Epicur. Boyle també perfeccionà la bomba de buit que havia inventat anys abans Otto von Guericke (1602-1682). L'observació de gasos a diferents pressions el va dur a enunciar la llei dels gasos que du el seu nom, i que diu que una mateixa quantitat de gas té un volum inversament proporcional a la pressió a la que se sotmet. Al 1661 Boyle publicà un llibre titulat *The sceptical chymist* que suposà el cop de gràcia definitiu a l'alquímia. També definí de manera moderna la noció d'element químic com a aquella substància que no es podia descompondre en altres de més simples. En qualsevol cas, Boyle no va aconseguir desprendre's del tot de

les idees de l'alquímia, ell mateix pensava que usant les eines químiques adequades un metall es podia transformar en un altre per transmutació (com també ho pensava Newton, com ja hem vist abans). A l'any 1689 sol·licità al govern britànic que abolís la llei contra la fabricació alquímica de l'or (Asimov, 1965).

Així com aquest segle suposà importants avenços en astronomia, física i química, també en medicina es va sofrir una profunda revolució. La revolució de la medicina al segle XVII se centra en la figura de William Harvey (1578-1657), que fou revolucionari especialment en el mètode utilitzat (López, 2000). Abans de Harvey, seguint les doctrines galèniques, se suposava que en el moviment de la sang es produïen tres transformacions substancials; primer a l'estómac on es produïa el quil, després aquest era conduït fins al fetge a través de la vena porta. Després al fetge es produïa la segona transformació en què el quil es transformava en sang venosa. Per la cava ascendent arribava a la part dreta del cor, i d'aquí passava a l'esquerra a través d'uns suposats orificis al cor, i es convertia en sang arterial al mesclar-se amb un hipotètic principi, la neuma, que havia arribat dels pulmons. La sang pneumatitzada es transportava a tot el cos transformant-se en la substància pròpia de cada part (tercera transformació). Aquest model s'havia mantingut fins al segle XVII amb alguna modificació, la més important fou la incorporació de la circulació pulmonar, descoberta per Miquel Servet (1511-1553), encara que anteriorment ja havia estat descrita per Ibn an-Nafis (1213-1288).

Harvey havia estudiat a la Universitat de Pàdua, important centre cultural d'aquell temps, on havia estat deixeble de Fabrici d'Acquapendente (1533-1619), el descobridor de les vàlvules venoses, de les quals no en va saber veure la funció. Al 1628 publicà el llibre *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*. En aquesta obra usa l'experimentació i el càlcul numèric per resoldre problemes mèdics. En primer lloc calculà que la sang que passava diàriament pel cor era molt superior (quasi uns 500 kg) que l'aliment ingerit. En segon lloc experimentà sobre la circulació de la sang en les extremitats (López, 2000). Per això utilitzà lligadures fortes que interrompien el pols arterial i el retorn venós, i d'altres menys fortes que només impedièen el retorn venós. Va poder comprovar que la sang torna al cor per les venes, i només per les venes. Es va poder recolzar a més en els descobriments de les vàlvules venoses de d'Acquapendente, i que surt del cor només per les artèries. Faltava veure la connexió entre venes i artèries que fou descoberta per Marcello Malpighi (1628-1694) que gràcies al recent descobriment del microscopi va poder veure els capil·lars.

Un altre descobriment important al segle XVII fou el de Francesco Redi (1621-1697), que també pertanyia a l'*Accademia del Cimento* com Steno. Demostrà experimentalment la inexistència de la generació espontània en organismes macroscòpics (López, 2000), negant el que deia Aristòtil, i un dels possibles orígens dels fòssils segons els filòsofs naturals neoristotèlics.

En el segle XVII hi hagué dos corrents renovadors de la medicina, el primer fou la iatroquímica. En aquest corrent mèdic la química és la clau per interpretar el funcionament fisiològic dels sers vius i de les malalties (Sequeiros, 2003). Els iatroquímics assumeixen les interpretacions químiques de Paracels, eliminant els principis vitalistes i metafísics de l'alquímia i substituint-los pel mecanicisme cartesià i atomista, l'inductivisme de Bacon, la dissecció de cadàvers de Vesalius i la doctrina de la circulació de la sang de Harvey, encara que les seves bases teòriques encara són molt febles (López, 2000). El segon corrent renovador correspon a la iatromecànica. Per aquest hi ha una assimilació del funcionament del cos humà a una màquina (Sequeiros, 2003). Aquesta teoria fou inaugurada per Descartes a l'obra *Traité de l'homme* (redactat al 1632 però no publicat fins a 30 anys més tard). Les idees cartesianes eren enginyoses però tenien un caràcter purament deductiu, li sobrava raonament i li faltava base experimental (Sequeiros, 2003). A Itàlia l'escola de Galileu va arribar a conclusions semblants. Una de les figures més importants fou Alfonso Borelli (1608-1679) que estudià la contracció muscular i que fou una de les figures de l'*Accademia del Cimento* com Steno.

## **EL NAIXEMENT DE LA GEOLOGIA AL SEGLE XVII**

Segons Alsina (2006) hi ha tres qüestions que sense ser pròpiament geològiques són claus per entendre l'evolució de la geologia al segle XVII:

- La revolució copernicana, que considera la Terra com a un planeta més, cosa que tindrà com a conseqüència la caiguda de la cosmologia d'arrels aristotèliques i la formació d'una nova física. Aquest procés es tancarà amb l'important obra de Newton. La nova cosmologia també possibilitarà entendre la Terra com a un tot, i donarà lloc a l'aparició de les *Teories de la Terra* que tracten de comprendre el nostre planeta com a un Geocosmos, a mig camí entre el Macrocosmos i els Microcosmos dels pensadors del segle XVI (Sequeiros i Pedrinaci, 1999).
- La gènesi del mecanicisme, entès com a aquella filosofia natural que interpreta les causes físiques del canvi a través de processos mecànics. Segons Alsina (2006), en les teories mecanicistes la matèria està formada per partícules (si són divisibles un nombre finit de vegades parlarem d'atomisme, si són divisibles fins a l'infinit parlarem de mecanicisme no atomista), i que totes les propietats de la matèria es poden explicar pel moviment i la interacció mútua de les partícules. És a dir, per a interpretar les transformacions físiques que s'observen a l'Univers ja no serà necessari apel·lar a les quatre causes aristotèliques sinó que es tractarà d'analitzar-les com a processos purament mecànics (desplaçaments, transports, trenca-

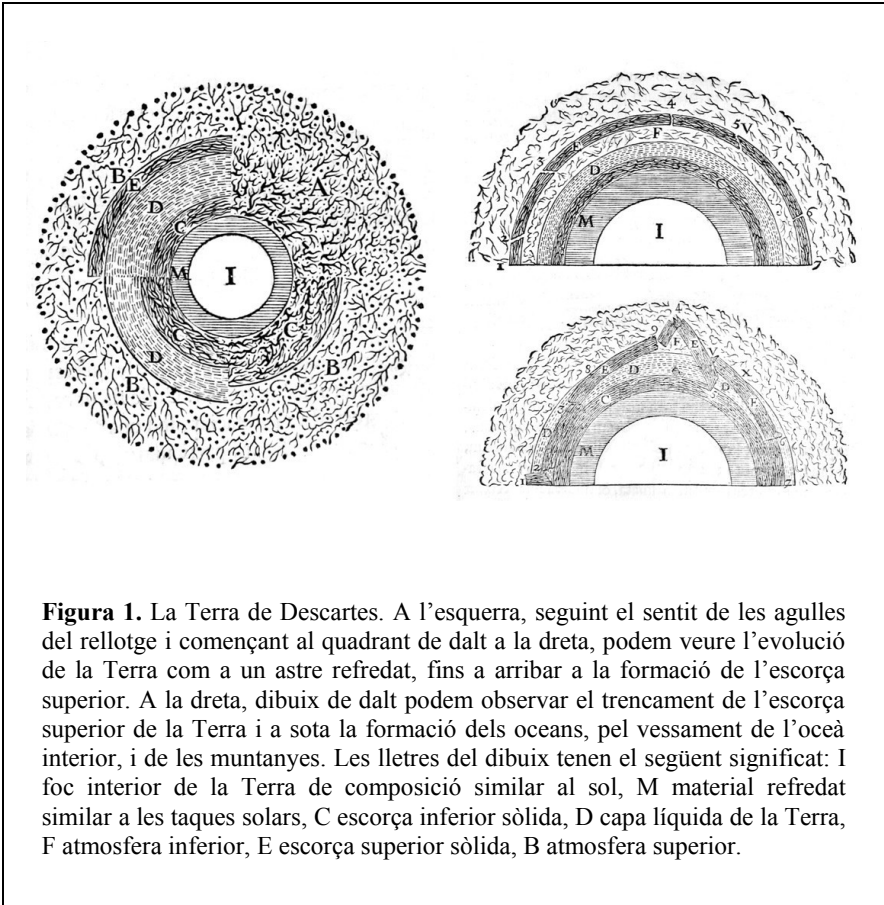
ments, sedimentacions...). Aquesta teoria no sols afectarà a la interpretació de la naturalesa sinó que crearà una nova forma d'entendre la filosofia en què es rebutja la teleologia. És a dir, a partir d'ara els filòsofs naturals ja no cercaran el perquè de les coses sinó com s'han pogut produir.

- La institucionalització de la ciència, ja que el conreu de la filosofia natural ja no es farà a les universitats, com a l'Edat Mitjana, sinó a les societats científiques de caire independent. De fet les universitats entren en decadència com a les màximes institucions creadores del pensament, i passaran a segon pla fins al segle XIX. Aquestes institucions tenen les seves arrels en les acadèmies patrocinades sota el mecenatge dels nobles a Itàlia (*Accademia dei Lincei*, a Roma i a la que pertanyia Galileu; i l'*Accademia del Cimento*, a la Toscana i a la que pertanyia Steno); a Anglaterra es fundà la *Royal Society* creada per la iniciativa privada dels científics i que començà a publicar les *Philosophical Transactions*, la primera revista científica del món, que encara s'edita; a França es creà l'*Academie des Sciences*, que a diferència de la *Royal Society* era una institució estatal, en què els seus membres eren funcionaris d'elit.

Segons Ellenberger (1994) i Sequeiros (2003) en el segle XVII s'elaboraran diverses teories de la Terra. Segons aquestes teories, la Terra funciona com a un conjunt format per diverses parts que interaccionen entre elles a fi de permetre el funcionament del planeta. Algunes d'aquestes teories, d'inspiració neoplatònica, consideren la Terra com a un organismes viu, com la proposada per Kircher. La primera de les teories de la Terra és la de Descartes, en el segle XVII s'arriba a la plenitud de les teories de la Terra amb el *Mundus subterraneus* d'Athanasius Kircher, i la darrera fou la de James Hutton, a finals del segle XVIII. Als geòlegs del segle XIX no els interessava entendre la Terra com a un conjunt, sinó que volien estudiar-la a nivell d'aflorament. Les idees positivistes s'anaven imposant i el que importava era allò que es podia veure al camp, i poc després també al microscopi, mesurar i interpretar. A finals de la dècada dels seixanta i començaments dels setanta del segle XX hi ha hagut un retorn a les teories globalistes de la Terra. El nostre planeta es torna veure com a un sistema amb parts que funcionen conjuntament.

Com ja hem dit abans, la primera de les teories de la Terra fou la del filòsof René Descartes en la seva obra *Principia Philosophiae* (1644). Segons Descartes la Terra és un astre refredat, excepte en el seu centre on hi ha matèria comparable a la del Sol. En el seu procés de refredament la Terra s'estratifica en una sèrie de capes (Fig. 1). El nucli central (I) està format pel foc interior; M és una capa formada per una matèria similar a la que forma les taques solars i que s'interpretaria com a matèria estel·lar refredada; C és l'escorça interna sòlida; D és la capa d'aigua de la Terra; F és una capa d'aire inferior; E és l'escorça externa menys massissa que la interna i finalment hi

trobam la capa d'aire de l'atmosfera. La secció superior ens representa la Terra originària després del refredament, com a conseqüència d'aquest l'escorça superior es trenca i acaba enfonsant-se. Les aigües inferiors afloren a la superfície i generen les mars i oceans. Altres pensadors posteriors, com els diluistes anglesos, també explicaran així l'episodi del Diluvi Universal. La influència de Descartes en científics posteriors, especialment Steno, com remarca Sequeiros (2003), és molt notable. Encara que la teoria de la Terra de Descartes és enginyosa es nota que aquest autor està poc versat en temes de geologia, ja que no fa menció de temes que ja estaven en boca dels geòlegs d'aquesta època com la sedimentació, l'erosió i els fòssils (Sequeiros, 2003).



Un altre autor que tindrà notable influència en el desenvolupament posterior de la geologia és el filòsof Pierre Gassendi (1592-1655) conegut especialment per la revalorització de la filosofia d'Epicur i per la defensa que feu de l'atomisme, així com per la rivalitat que tenia amb Descartes (Sequeiros, 2003). De manera pòstuma es publicaren les seves obres (1658)

entre les que es trobava la física, i dins de la física hi ha un capítol dedicat a *De lapidibus ac metallis* (en català, *Sobre les pedres i els metalls*) en què exposa les seves idees geològiques. Primer fa una classificació de les pedres molt convencional i afirma que segueixen formant-se avui en dia, per això cal una *vis lapidifica*, o força petrificant, i una altra força que fa aparèixer noves pedres, la *vis seminal*, que organitza la intimitat de les pedres, la seva forma i la seva disposició. Gassendi explica la formació dels fòssils per petrificació adquirida, alguns tenen solament un revestiment de pedra i d'altres estan formats per sucus subtils que impregnen els cossos d'antigues plantes i animals. Si traduïssim *suc lapidiscens* per solució mineralitzant, la interpretació que fa dels fòssils seria correcta (Sequeiros, 2003).

En tercer lloc cal destacar la figura del jesuïta alemany Athanasius Kircher (1601-1680), que escrigué una de les teories de la Terra més influents del segle XVII (Sequeiros i Pedrinaci, 1999; Sequeiros i Pelayo, 2011). La figura d'Athanasius Kircher és força complexa. Kircher fou professor de grec, hebreu i arameu, a més s'interessà per les llengües orientals i per la cultura xinesa, cosa insòlita en el seu temps. També tenia una gran afeció a desxifrar manuscrits antics, fins i tot va intentar desxifrar el manuscrit Voynich i s'interessà en el desxiframent dels jeroglífics egipcis. Fou un gran col·leccionista de roques, fòssils i minerals, fins al punt de posseir un museu propi (el pare Kircher va fundar un museu a Roma anomenat *Musaeum Kircherianum*). En definitiva fou un gran savi pluridisciplinar. Entre els anys 1637 i 1638 fa fer un llarg viatge per Itàlia, Sicília i Malta (Sequeiros i Pedrinaci, 1999). Va poder veure els volcans Etna i Stromboli en erupció. Quan es trobava en el viatge de tornada, al 1638 va tenir la vivència d'experimentar un moviment sísmic al sud d'Itàlia (Cutler, 2003). Les sensacions foren terribles, el terra tremolava amb violència sota els seus peus, i caigueren torres i castells al seu voltant, i alguns volcans despregueren fum i flamarades. I un poc més al nord, a Nàpols, el Vesuvi dóna mostres de voler entrar en erupció. Kircher pujà al cim i es va introduir al cràter. L'experiència el va impactar i pensà que sols faltaven els dimonis per completar el quadre que estava veient. Kircher pensà que hi podia haver una connexió entre els terratrèmols i les erupcions, a més els diferents volcans podien estar comunicats entre ells a través de conductes subterranis. Aquestes idees el varen dur a escriure el *Mundus Subterraneus* (1664), la seva obra geològica més important.

Les idees d'Athanasius Kircher es troben a mig camí entre la modernitat que suposa la revolució científica del segle XVII i la tradició que suposa el Renaixement del segle XVI. Recull diverses idees de les tradicions platòniques i aristotèliques, com les que fan referència a la seva concepció del món, entre el gran organisme de Plató, i el gran mecanisme d'Aristòtil, i de les forces, que mescla amb els conceptes d'amor i odi de les tradicions platòniques. Quant a la manera d'investigar, Kircher dóna molta importància a la observació, fins al punt de voler-se arriscar a pujar al Vesuvi a punt d'entrar en erupció, i és pioner amb l'aplicació de models en la interpretació de la



natura. S'ha de dir que Kircher té una gran habilitat per idear mecanismes nous, entre els que destaca la *llanterna màgica* un predecessor del cinematògraf. I també és capaç d'introduir idees noves, com el funcionament de la Terra com a un conjunt, que s'avançaran diversos segles al seu temps (Sequeiros i Pedrinaci, 1999).

Kircher es refereix a la Terra com a Geocosmos, que seria una unitat entre el Macrocosmos (tot l'univers) i el Microcosmos (el cos humà). Per Kircher la Terra funciona com un organisme, amb les serralades com a esquelet, un nucli central format per foc i amb grans cavitats subterrànies per les que pot circular aire (*aerophilacia*, en singular *aerophilacium*), aigua (*hydrophilacia*, en singular *hydrophilacium*) o lava (*pyrophilacia*, en singular *pyrophilacium*). En el Geocosmos de Kircher tots els elements es troben relacionats permetent que la Terra tenguí un funcionament impulsat pel foc central. Així el motor fa circular les laves, que escalfen les aigües, generant una circulació permanent. En aquest punt els coneixements mèdics de Kircher inspiren la seva teoria de la Terra. Evidentment la teleologia no està absent en el pensament de Kircher, en contra del mecanicisme que es va obrint pas en el pensament científic de l'època. Les coses no succeeixen perquè sí, tot té un sentit i una finalitat segons la seva mentalitat.

Quant als fòssils, són considerats per Kircher com a pedres figurades, o capricis de la naturalesa. A les roques no veu només copinyes sinó també coses tan curioses com els alfabet grec i llatí complets. Els fòssils són explicats de diverses maneres, com a emanacions astrals, com a generació espontània i, el seu favorit, com a producte de la misteriosa força del magnetisme, que Kircher anomena «*esperit plàstic*».

## BIOGRAFIA DE NICOLAUS STENO (1638-1686)

### *Primers anys*

Niels Stensen (llatinitzat com a Nicolaus Steno) va néixer a Copenhaguen l'11 de gener de 1638 (segons el calendari gregorià, segons el julià, vigent entre els països protestants com Dinamarca hauria nat l'1 de gener del mateix any). La seva mare es deia Anne Nielsdatter i el pare Sten Pedersen. Els dos progenitors havien estat casats abans i havien enviudat. Steno fou el major dels dos fills que tengué la parella. Un parell d'anys després que Steno va néixer la seva germana Anne (Cutler, 2003). Després de la mort d'Sten Pedersen la mare d'Steno va tornar a casar-se dos cops més. En total va estar casada quatre pocs, sempre amb orfèbres.

El pare d'Steno era un artesà notable, ja que entre els seus clients es trobava el mateix rei de Dinamarca. Probablement Steno va heretar del seu pare la seva gran destresa amb les mans. Des de petit va tenir una salut fràgil i un caràcter reflexiu, sovint abocat a qüestions religioses ja que a la família

d'Steno hi imperava des de feia generacions una sòlida observança del luteranisme més estricte.

Quan tenia tres anys es va veure afectat per una malaltia sense identificar que va produir el seu confinament a la família i no es pogué relacionar amb altres nins de la seva edat. Aquest fet probablement condicionà el seu caràcter posterior, ja que a la seva joventut preferia la companyia de persones majors que les de la seva edat. Poc després que ell es guarís de la seva malaltia morí el seu pare (Cutler, 2003). Aquest havia proveït la seva família amb un notable patrimoni, encara que el rei no sempre era puntual en els seus pagaments. La família vivia en un barri respectable de la ciutat a prop de l'orfebreria que estava als voltants de la universitat. Però la seva mort va deixar la família sense ingressos. Anne es va tornar casar tot d'una amb un altre orfebre que només va sobreviure un parell d'anys. Steno quedà sota la custòdia de la seva mitja germana major i del seu cunyat, que tenia un sou segur treballant pel govern. Poc després Anne es casà per quarta vegada amb Johan Stichman (Sequeiros, 2003) que va tornar dur la prosperitat a la família.

A l'any 1654, quan Steno tenia setze anys una plaga es va escampar per Copenhaguen matant un terç de la seva població. Steno, junt amb altres estudiants, fou allistat per recollir els cadàvers dels morts, entre ells la meitat dels seus companys (Cutler, 2003).

A la seva joventut estudià a l'acadèmia Vor Frue Skole, on fou enviat per la seva família perquè aprengué els fonaments de la cultura clàssica. Allà conegué un dels personatges que més marcaren la seva vida, Ole Borch (1626-1690), també conegut amb el seu nom llatinitzat d'Olaus Borrichius. Borch fou filòleg, poeta, metge, químic i botànic. Segons Cutler (2003) el llatí tan fluid, i de vegades barrocs, que emprava Steno es devia al seu mestre. També menciona en diverses de les seves obres els experiments sobre cristal·lització que realitzaren, i que tengueren molta influència en les seves idees geològiques i cristal·logràfiques. De jove, Borch tenia la idea de ser clergue i entre els estudis realitzats es comptaven els de medicina. S'ha de pensar que en moltes zones rurals el capellà era l'única persona il·lustrada i estava al càrrec no sols de la salut de l'ànima dels seus feligresos sinó també de la del cos. Borch s'havia convertit en una espècie d'heroi local en fer-se càrrec dels malalts i moribunds durant l'epidèmia de 1654 quan molts dels metges fugiren de Copenhaguen (Cutler, 2003). Probablement el més important fou la capacitat que tenia de transmetre la passió cap els estudis de la naturalesa i la fascinació per experimentar. El contacte entre Borch i Steno no s'acabà quan aquest deixà l'escola de Vor Frue, sinó que de fet durà fins a la seva mort.

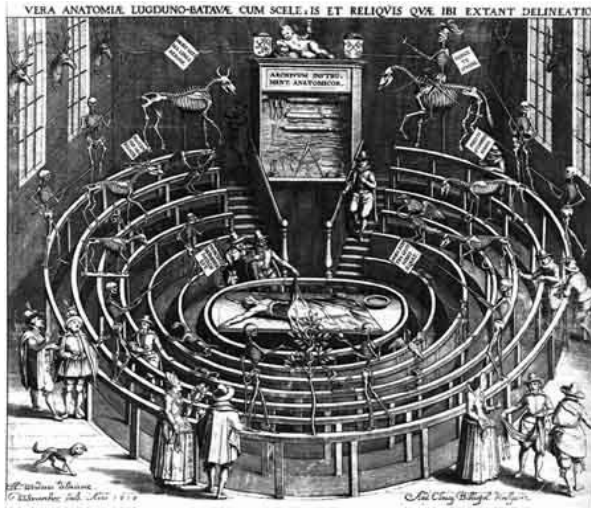
### ***Estudiant a la Universitat de Copenhaguen***

Al 1656, quan Steno tenia devuit anys, entrà a la Universitat de Copenhaguen per estudiar medicina. En aquella època els estudis de medicina d'aquesta universitat estaven liderats per la família Bartholin. En concret Thomas Bartholin (1616-1680), conegut especialment per haver descobert i

descriu el sistema limfàtic, era el que dirigia els estudis de medicina quan Steno hi estudià. Al seu torn, Thomas Bartholin era fill del cèlebre anatomista Caspar Bartholin el vell (1584-1629), conegut especialment per haver escrit *Anatomicae Institutiones Corporis Humani*, que serví com a llibre de text de l'anatomia durant molts anys, al 1611; també era germà del pioner de la cristal·lografia Erasmus (o Rasmus) Bartholin (1625-1698), conegut especialment per haver estat el primer en descriure la doble refracció de l'espai d'Islàndia (varietat de la calcita), estudis que també tengueren força influència en el pensament d'Steno; i a la vegada era pare de Caspar Bartholin el jove (1655-1738) que va descriure per primer cop les glàndules de Bartholin de l'aparell reproductor femení.

La influència de Thomas Bartholin fou intensa en Steno (Porter, 1963; Cutler, 2003), ja que no sols introduí Steno en la ciència de l'anatomia sinó que també l'introduí en el problema de les petxines que es trobaven a les muntanyes. Bartholin va fer un viatge per Europa que durà deu anys. Durant el seu periple visità Itàlia i l'illa de Malta, d'on pogué obtenir les seves famoses *glossopetrae* (literalment llengües de pedra). Avui en dia sabem que són dents de peix, però en el segle XVII hi havien altres interpretacions. Segons la teoria tradicional, l'apòstol Sant Pau va tenir una disputa amb els jueus que l'acusaven d'anar contra la llei. A l'any 61 es trobava de viatge cap a Roma, on l'envià el procurador de Judea, Ponci Fest, ja que Sant Pau havia apel·lat a la seva ciutadania romana per no ser jutjat pel Sanedrí. Durant el viatge cap a Roma, el vaixell en què viatjava Sant Pau va naufragar i els viatgers pogueren arribar, no sense esforços a l'illa de Malta. En aquesta illa una serp va mossegar la mà de l'apòstol, encara que aquest no es va veure afectat pel verí. La llegenda diu que les *glossopetrae* són les llengües petrificades de les serps malteses, encara que com ja senyalaven els contemporanis d'Steno la seva forma era més la d'una llengua d'ocell que de serp. Fruit del miracle de l'apòstol, a les *glossopetrae* se'ls atribueixen propietats protectores contra les picades de serp i contra tots els verins en general. Hi hauria una altra interpretació d'inspiració més neoplatònica (o hermètica) que apuntaria en la mateixa direcció. Segons aquesta teoria, les pedres amb forma de llengua posseïrien vincles ocults que produïrien també protecció. En tots dos casos les serps podien usar-se com a amulets, o bé es podien prendre capolades. Eren ben conegudes pels metges de l'època gràcies a les propietats que se'ls atribuïen. Steno recordà les *glossopetrae* quan anys després dissecionà el cap d'un tauró gegant.

Al segle XVII es feien disseccions públiques en els teatres anatòmics (Fig. 2). En aquests teatres anatòmics, l'anatomista dissecionava un cadàver, generalment d'un ajusticiat, i es cobrava una entrada per assistir-hi. Amb els doblers recaptats es pagaven els instruments, el cadàver i els salaris de l'anatomista i dels seus assistents (Cutler, 2003). El teatre anatòmic de Copenhaguen era molt popular, es trobava decorat amb dos esquelets humans que representaven Adam i Eva, entre ells hi havia l'Arbre de la Saviesa amb la serp a les seves branques.



**Figura 2.** Theatrum anatomicum de Leiden en temps d'Steno.

L'època en què estudià a la Universitat de Copenhagen fou la pitjor que es podia haver triat. El 1657 esclatà la Guerra Suecodanesa de 1657-1658, també anomenada Primera Guerra Danesa del rei Carles Gustau. Per aquell temps Suècia, després d'haver guanyat territoris a Alemanya a la Guerra dels 30 anys anava camí de convertir-se en la gran potència militar del nord d'Europa i es trobava enfrontada al mateix temps amb Polònia i Rússia. Frederic III de Dinamarca, encoratjat pels Països Baixos, Espanya i el Sacre Imperi i aprofitant els fronts oberts que tenien els suecs, es decidí a enfrontar-se a Suècia per recuperar els territoris perduts pel seu país al 1645. Les coses no pogueren anar pitjor al rei Frederic, que estigué a punt de perdre tot el seu país si no hagués signat el tractat de Roskilde, molt avantatjós pel rei Carles X Gustau de Suècia, que suposà grans pèrdues de territoris per a Dinamarca a més de l'obligació de subministrar provisions a l'exèrcit suec. Les coses podien haver acabat aquí però el rei Carles X Gustau no es conformà amb aquesta victòria sinó que pretenia acabar amb Dinamarca. Emparant-se amb el retard de Dinamarca en el subministrament de provisions a Suècia, trobà l'excusa per iniciar una altra guerra, la Guerra Suecodanesa de 1658-1660, també anomenada Segona Guerra Danesa del rei Carles Gustau, poc després d'haver finalitzat l'anterior. Les tropes sueques encara es trobaven a Jutlàndia, en territori danès i provaren d'atacar ràpidament Copenhagen. A l'agost de 1658 la ciutat es trobava assetjada per les tropes sueques i la situació a tot el país era d'extrema gravetat. Les portes de la ciutat es tancaren i no es tornarien a obrir fins a 22 mesos més tard. De totes formes aquesta guerra no acabaria de la manera que esperava el rei Carles Gustau ja que trobà

molta més resistència de l'esperada en el setge de Copenhaguen, en què la població s'organitzà en milícies per defensar la ciutat, a més el conflicte es va internacionalitzar, ja que diverses potències, Països Baixos, Brandenburg, Polònia i Àustria, s'afegiren a la contesa. La guerra acabà amb el tractat de Copenhaguen en què Dinamarca recuperà territoris a Suècia.

En aquests enfrontaments bèl·lics Steno, com la major part dels estudiants de la universitat, fou allistat per participar en les milícies civils que defensaven la ciutat. La majoria de les classes foren suspeses, i les poques que es donaren es feren de manera erràtica. Durant quatre mesos de començaments de l'any 1659 va escriure el seu diari anomenat pel mateix Steno com a Caos. Sorprenentment Steno no fa referència a la guerra. Només parla de les dificultats per trobar combustible destinat a la calefacció i al fred que es passava, de vegades feia massa fred per fer qualsevol cosa. En aquest quadern es mesclen els dos temes que l'obsessionarien la resta de la seva vida: la ciència i la religió. Aquest diari, que ens ha arribat fins als nostres dies, no estava destinat a la publicació, per aquest motiu és una barreja d'escrits i cites que s'enllacen sense un ordre, encara que el seu valor és inqüestionable com a document per a clarificar el pensament del jove Steno en els seus anys d'estudiant.

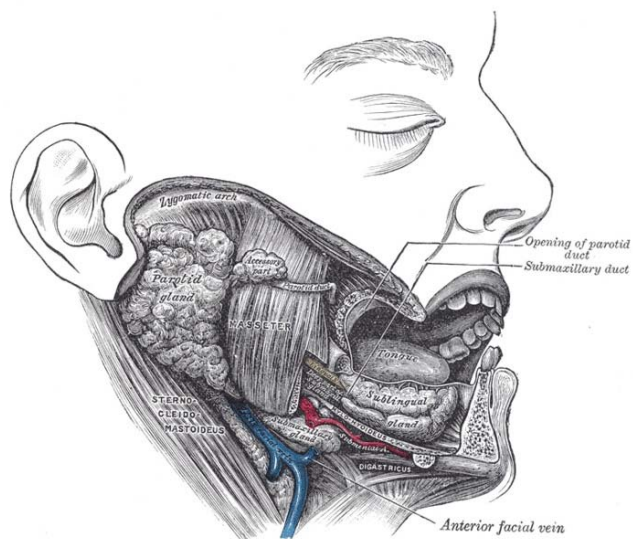
De la mà d'Ole Borch, Steno entra en contacte amb les obres dels pensadors més brillants del seu temps. Els que tendran més influència en el seu pensament seran Galileu, Bacon, Descartes, Gassendi i Kircher (Cutler, 2003). Borch també es dedicava a fer experiments en els seu propi laboratori ja que tenia interès en l'alquímia, i va despertar en Steno la curiositat per realitzar les seves pròpies pràctiques. Posteriorment, quan Steno va tractar el tema de la formació dels estrats i de la precipitació química, recordà la formació de partícules de terra a partir d'un fluid límpid.

### ***Steno a Holanda***

La situació en què es trobava immersa Copenhaguen va impedir la finalització dels seus estudis. A la tardor de 1659, abans que acabàs la guerra, va partir cap al nord d'Alemanya amb una carta de recomanació del seu mestre Bartholin i d'allà es traslladà a Holanda (Sequeiros, 2003; Cutler, 2003). La seva primera aturada a Holanda fou a Amsterdam, on degué quedar impressionat amb el seu cosmopolitisme i amb la tolerància que es respirava entre les diferents religions. Encara que el luteranisme era el credo majoritari, també hi havia calvinistes, catòlics, anglicans, jueus i musulmans. Només va romandre a Amsterdam tres mesos, però allà va escriure la seva obra *Disputatio Physica de Thermis* (1660), la seva primera obra científica, que equivaldria a una tesina o memòria d'investigació actual, i que tracta de les fonts termals.

A la seva arribada a Holanda feu un dels seus descobriments més importants. A Amsterdam residí a casa de Gerard Blaes (1627-1682), també conegut amb el nom llatinitzat de Gerardus Blasius, que era professor

d'anatomia. A més, Blaes era amic personal de Bartholin, ja que havia estudiat a Copenhaguen, mentre hi vivia amb la seva família ja que el seu pare fou arquitecte del rei Cristià IV de Dinamarca (Porter, 1963). Mentre era a casa del professor Blaes féu la dissecció d'un cap de xot per estudiar el cervell i els vasos. Introduí una sonda a les glàndules paròtides i observà que es movia. Aquest fet li va permetre descobrir que hi ha un conducte que comunica amb la cavitat bucal. Fins a aquell moment es desconeixia quina funció tenien les glàndules paròtides, així com també s'ignorava d'on provenia la saliva. Steno resolgué així dos problemes de cop: la funció de les glàndules paròtides i l'origen de la saliva. Actualment aquest rep el nom de conducte d'Steno (Fig. 3). El professor Blaes es volgué apropiari del descobriment del seu jove hoste i publicà un treball amb la troballa. A més, Blaes s'aprofità de la seva privilegiada posició acadèmica per reclutar altres professors al seu costat. El to agressiu i manifestament insultant amb que atacava Steno provocà el contrari del que s'esperava. Aquest, lluny de deixar-se dominar pel reconegut professor no dubtà en reaccionar i ho va fer amb la mateixa contundència amb què era atacat. El conflicte assolí unes dimensions que obligà a Bartholin a apaivagar la disputa. El conflicte no es resolgué definitivament fins anys més tard però les múltiples inexactituds que contenia el treball de Blaes l'acabaren desvetllant, l'autor de la descoberta no era altre que Steno.



**Figura 3.** Dibuix de les glàndules paròtides on es mostra el conducte d'Steno, rotulat com a parotid duct, (litografia de l'obra *Grays Anatomy* de domini públic, cortesia de Wikimedia Commons).

Aquesta descoberta guià les primeres recerques d'importància d'Steno en el camp de l'anatomia, ja que no es limità a fer una descripció completa de les glàndules salivals sinó que emprengué la tasca de descriure totes les glàndules del cap. Li devem la primera descripció completa de les glàndules lacrimals. Aquestes es recullen en el treball anomenat *Observationes anatomicae* publicat el 1662. El 7 d'abril de 1660 realitzà un descobriment científic sobre el tiroides, i continuà amb altres relatius als músculs i al cor (Sequeiros, 2003). Altres descobriments d'aquest any foren els seus treballs sobre els músculs, en què s'explica la funció dels intercostals i l'estructura fibril·lar de les masses musculars. També observa que aquesta estructura fibril·lar es troba en els òrgans del cor i de la llengua, amb la qual cosa demostra la condició muscular de la llengua i el cor (*cor vero musculus est*). Aquesta qüestió tenia més implicacions que les que es podrien apreciar a simple vista. Hi havia una antiga disputa entre els que eren partidaris de la idea que el cor era una bomba o que actuava com a un forn. Descartes, que havia publicat la seva obra pòstuma *Traité de l'homme* (en la versió llatina titulat *De homine*) fa una interpretació del funcionament del cos humà basant-se en el seu mètode de raonament, anàloga al raonament matemàtic, en què es basava la seva filosofia. Encara que introduïa idees interessants, aquestes no es basaven en l'observació sinó en la deducció. Segons Descartes el cor havia de ser un forn ja que no hi havia músculs que el poguessin accionar (Cutler, 2003). Amb els estudis d'Steno s'invalidava una part de la concepció del funcionament del cos humà cartesiana, no tardaria gaire en invalidar la resta.

Al 1660 viatjà a Roma on pogué visitar el cèlebre museu del pare Kircher i entrà en contacte amb els jesuïtes del Col·legi Romà (Sequeiros, 2003).

A Holanda visqué sobretot a Leiden on seguí amb els seus estudis de medicina, i on residí des de l'any 1660 fins al 1664, amb alguna interrupció que aprofità per viatjar per Itàlia. També hagué de retornar momentàniament a Dinamarca per arreglar uns assumptes familiars. Al 1664, el padrastre d'Steno, Johan Stichman, va morir, i un any després Steno va haver d'anar a l'enterrament de la seva mare (Sequeiros, 2003), els seus negocis familiars quedaren en mans de la seva germana i del cunyat (Cutler, 2003).

A Leiden conegué gent tan important per a la ciència de l'època com Jan Swammerdam (un dels pioners de la microscopia i un col·laborador amb les recerques d'Steno a París), Reinier de Graaf (el descobridor del fol·licle ovàric, anomenat fol·licle de De Graaf), Franz De Le Boe (més conegut pel nom de Franciscus Sylvius, una important figura del corrent de la iatroquímica) i el filòsof Baruch Spinoza. Segons Sequeiros (2003) allà va tenir ocasió de discutir el valor de la metodologia mecanicista cartesiana en física i anatomia.

## **Retorn a Copenhaguen i estança a París**

Després d'acabar la seva estança a Holanda retornà a Dinamarca amb el desig d'aconseguir una càtedra universitària, que finalment fou assignada a un nebot de Thomas Bartholin. Potser Steno se sentí ferit per la decisió del seu mestre, però la realitat és que en seguí mantenint el contacte (Porter, 1963).

Com que no li va aconseguir el desig d'ensenyar a la Universitat de Copenhaguen, decidí anar-se'n a París, on residí entre 1665 i principis de 1666 com a convidat personal de Melchisédech Thévenot, impulsor del cercle hereu del de Mersenne i que seria el nucli inicial de l'*Académie des Sciences* de París (Sequeiros, 2003). Allà estudia l'embrió i el cervell, dos temes que captaren la seva atenció als anys següents.

Al 1665 feu una dissertació sobre l'anatomia del cervell, que fou publicada al 1669 a París en francès amb el títol de *Discours de Monsieur Sténon sur l'Anatomie du Cerveau*. En aquest treball fa una refutació de les doctrines galèniques sobre el cervell i confessa honestament que no en sap res. Per aquella època s'acabava de reimprimir l'obra de Descartes *Traité de l'homme*, en què el filòsof francès exposava la seva idea sobre la relació entre l'ànima i el cos.

Segons explica Descartes l'home pot entendre's com una màquina governada per la seva ànima. L'ànima és de naturalesa més subtil que el cos i el maneja a través de la glàndula pineal (o epífisi), que està connectada a un entramat de fils que accionaven els mecanismes del cos humà. Segons la concepció cartesiana la glàndula pineal era un òrgan mòbil que accionava la resta del cos a través d'aquesta xarxa i que servia de pont entre l'ànima i el cos. Steno demostrà que la glàndula pineal és un òrgan que resta immobilitzat degut al teixit que l'envolta. Posteriorment digué que no retreia a Descartes pel seu mètode sinó per haver-lo ignorat ell mateix.

Descartes no és l'única autoritat que rebé els atacs d'Steno. De fet es dedica a desmuntar tota la concepció que es tenia sobre el que havia de suposar la investigació científica. Fins al segle XVII s'havia seguit el principi d'autoritat, les universitats, principals centres del saber, no estaven destinades a crear coneixement sinó a preservar el pensament antic (Cutler, 2003). En medicina se seguïen els treballs publicats pel famós metge grec Galè (130-200 dC), que eren la base de tot coneixement mèdic. La pròpia filosofia medieval propiciava aquest fet, els treballs fets amb les mans no es creïen propis d'una persona que ocupava un rang destacat. De fet les feines que suposaven tocar malalts i ferits amb les mans, i embrutar-se de sang, no les realitzaven els metges sinó que aquests les delegaven als cirurgians (López, 2000). El nou pensament que s'anava obrint pas al segle XVII faria canviar les coses. El mateix Steno era fill d'un artesà i sabia com era d'important treballar amb les mans i descobrir les coses per ells mateixos.

Una altra característica que sorprèn del *Discours sur l'Anatomie du Cerveau* era el de manifestar la pròpia ignorància. Steno comença dient «*En lloc de prometre-us d'acontegar la vostra curiositat sobre l'anatomia del*



*cervell, us faig una confessió sincera i pública, que jo no en conec res*». Steno admet que per començar a avançar sobre alguns temes complexos és millor començar de zero que basar-se en textos de veracitat, com a mínim, dubtosa. Una part del problema amb que es troba Steno és que el teixit que forma el cervell és massa delicat, cosa que fa que els resultats de l'observació depenen molt de la tècnica utilitzada en la pràctica de la dissecció, cosa que, segons Steno, pot fer que cada anatomista que realitza una dissecció pugui demostrar el que vulgui.

A París, també començà a estudiar un dels problemes que més el varen atreure, l'estudi dels músculs. Va passar l'estiu de 1665, junt amb el seu antic company Jan Swammerdan disseccionant una gran varietat d'animals (Cutler, 2003). Swammerdam féu la seva carrera professional disseccionant insectes i observant-los amb el microscopi. Steno pensava enfocar el problema de com funcionaven els músculs des del punt de vista geomètric, aquesta idea es materialitzaria al 1669 amb la publicació de l'*Elementorum myologiae specimen*, del qual en parlarem més endavant.

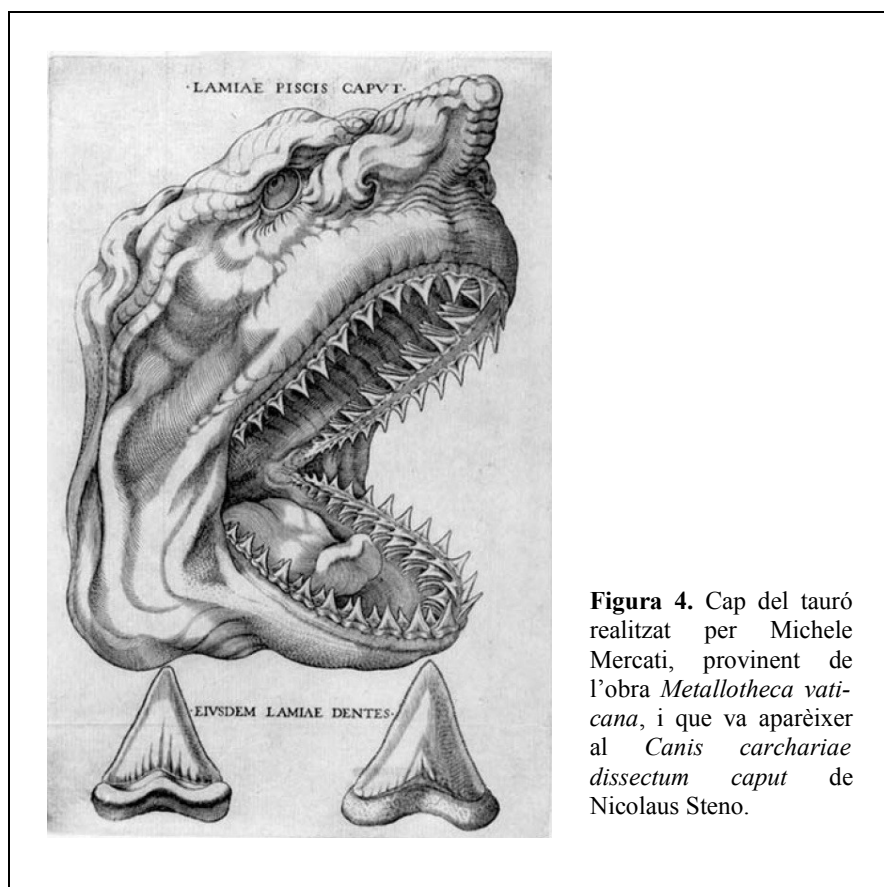
Possiblement a Montpeller (Ellenberger, 1994) Steno es topa amb alguns membres destacats de la *Royal Society* de Londres (William Croone, 1633-1699; Martin Lister, 1639-1712; i John Ray, 1627-1699). Està discutit si pogué conèixer a través d'ells els treballs de Hooke, cosa que donaria suport a la controvèrsia que es muntà després de la publicació del *Prodromus*, treball pel qual fou acusat de plagi per part de Robert Hooke. De totes formes se sap que el botànic John Ray estava molt interessat pels fòssils fins al punt que en el seu llarg viatge de 1663 a 1666 volgué anar a l'illa de Malta per estudiar la seva riquesa paleontològica.

### ***Estança a la Toscana, principals treballs geològics i conversió al catolicisme***

Al 1666 Steno s'instal·là a la Toscana, convidat pel Gran Duc Ferran II (Sequeiros, 2003), on fou molt ben acollit per alguns membres de l'*Accademia del Cimento*, com Francesco Redi (1626-1697, entomòleg, del que ja hem parlat com a opositor a la generació espontània, i ovista com Steno) i Vincenzo Viviani (1622-1703, matemàtic, científic i biògraf de Galileu). L'*Accademia del Cimento*, o acadèmia dels experiments, era una de les noves institucions que anaren sorgint a Europa per acollir els científics de l'època. Les idees que es manejaven estaven relacionades amb el llegat de Galileu Galilei, que havia estat protegit pel mateix Gran Duc. De fet l'*Accademia* comptava amb alguns deixebles de Galileu, com Vincenzo Viviani i Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), un dels representants més notables de la iatromecànica i un dels membres de personalitat més forta de l'*Accademia del Cimento*. Els mateixos Ferran i el seu germà, el Príncep Leopold, de Medici havien estat deixebles de Galileu (Cutler, 2003). Tan interessat per la ciència com el seu germà hi estava el Príncep Leopold de Medici que supervisava les accions de l'*Accademia*, que va fer construir

laboratoris al Palazzo Pitti de Florència. El Príncep Leopold volia participar a l'*Accademia* com a un membre més i no com a príncep.

Quan Steno arribà a Florència, al juliol de 1666, s'estava realitzant un experiment important per a la història de la ciència. Francesco Redi havia deixat carn podrint-se, testant diferents tipus de carn, fins i tot, segons Cutler (2003), de tigre i llama. Algunes mostres estaven cobertes de tela, mentre que d'altres no ho estaven. Redi intentava veure si es donava o no la generació espontània. Aquesta tenia molts partidaris entre els seguidors de l'aristotelisme, entre ells es comptava amb el jesuïta alemany Athanasius Kircher, que afirmava ser capaç de produir papallones, abelles, escorpins, granots i serps generats espontàniament a partir de mescles d'excrements i carn seca. Fins i tot n'havia publicat receptes (Cutler, 2003). Redi, emperò només va ser capaç de produir mosques en les mostres. Les mateixes que es trobaven pertot arreu al palau dels Medici i això només passava quan les deixava sense tapar. Redi va raonar que les mosques venien d'ous dipositats per altres mosques, és a dir no hi havia generació espontània, només el que és viu pot generar un altre ser viu.



**Figura 4.** Cap del tauró realitzat per Michele Mercati, provinent de l'obra *Metallotheca vaticana*, i que va aparèixer al *Canis carchariae dissectum caput* de Nicolaus Steno.

Aquest mateix any es capturà un tauró gegant (Fig. 4) a prop de Livorno, a la costa de la Toscana. Per petició del Gran Duc, el cap fou enviat a Florència per ser disseccionat per Steno. A l'any següent, Steno publica una de les seves obres geològiques més importants, *Elementorum myologiae specimen, seu musculi descriptio geometrica. Cui accedunt Canis Carchariae dissectum caput et dissectis piscis ex canum genere*. Aquesta obra, en realitat, consta de tres treballs independents, tots ells interessants. El primer és l'*Elementorum myologiae specimen*, pròpiament, que tracta de fer una descripció geomètrica del funcionament dels músculs. El segon dels treballs és el *Canis Carchariae dissectum caput* que, a la vegada, consta de tres parts. La primera és la dissecció del cap de tauró (en la nomenclatura d'Steno, *Canis Carcharias*). En aquesta primera part es presta especial atenció als músculs i al cervell (dos dels temes que més interessaven a Steno). En la segona part es parla de les dents del tauró i es remarca la seva similitud amb les *glossopetrae*. En la tercera part tracta dels fòssils, argumentant perquè no han de ser considerats ni capricis de la natura ni objectes crescuts dins de les pedres. El tercer dels treballs, *Historia dissectis piscis ex canum genere*, en què amplia la informació obtinguda amb la dissecció del cap de tauró disseccionant altres taurons capturats a la Toscana.

Al 1670, un any després que Steno publicàs la seva obra definitiva sobre geologia i que duria per títol *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, un pintor sicilià i gran aficionat als fòssils anomenat Agostino Scilla (1629-1700) publicà un llibre titulat *La vana speculazione disingannata dal senso* en què defensa idees molt properes a les mantingudes per Steno. Probablement Scilla no coneixia l'obra d'Steno ja que no el menciona. La seva argumentació no és tan completa com la del danès ja que es basa tan sols en la semblança entre els fòssils i les dents i copinyes dels animals actuals. Ve acompanyada de dibuixos excel·lents que demostren l'ofici de l'autor.

Després de la publicació de l'*Elementorum myologiae specimen* Steno rep una pensió de 25 escuts al mes a més de disposar d'allotjament al Palazzo Vecchio de Florència i finançament per viatjar i per seguir amb les seves investigacions, ara centrades en els temes geològics (Sequeiros, 2003). Steno tescà la Toscana, de vegades acompanyat pel Gran Duc Ferran, a la recerca d'afloraments de roques i de fòssils. Steno vol indagar com es formen les roques i les muntanyes, ara que pensa que aquestes estan constituïdes d'estrats, i que aquests ens donen la clau per investigar la història d'una regió. Segons sembla, en aquest any es converteix al catolicisme amb 29 anys.

Probablement la crisi religiosa d'Steno s'havia anat covant uns anys anteriorment. Steno havia viscut en un ambient de profunda fe protestant. La seva estança a Holanda li havia mostrat el cosmopolitisme i la llibertat religiosa d'aquest indret, a més de posar-lo en contacte amb el filòsof jueu Baruch Spinoza. La correspondència i les discussions religioses entre Steno i Spinoza es varen perllongar fins després de la conversió d'aquell al catolicisme. Spinoza, descendent de jueus d'origen portuguès, vivia a la petita

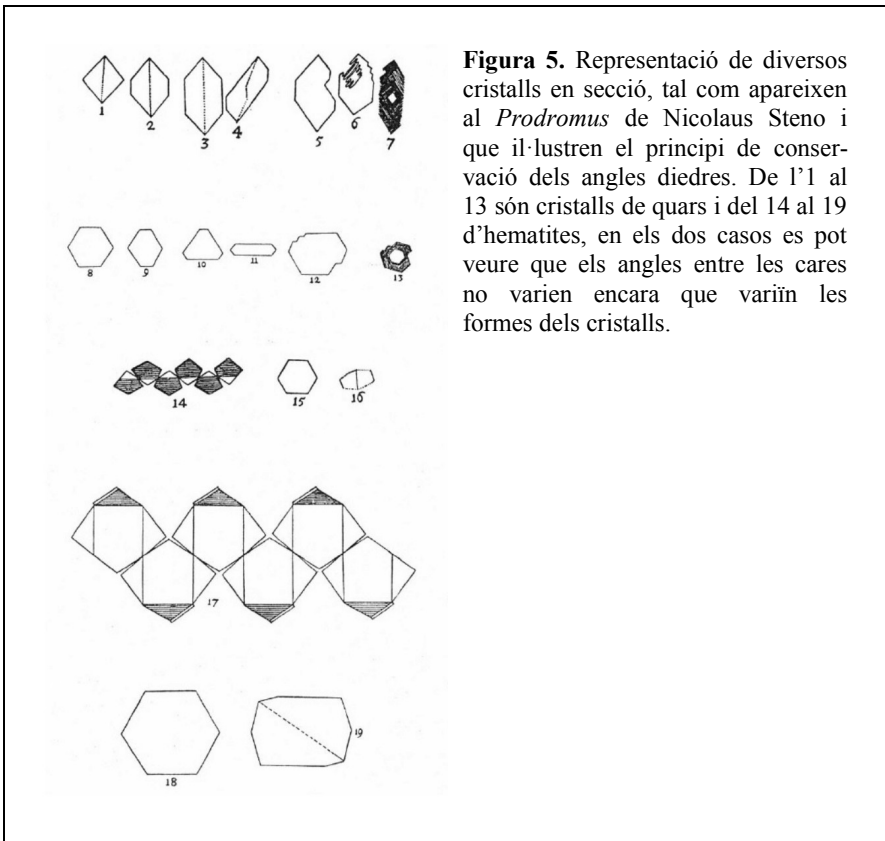
ciutat de Rijnsburg, a prop de Leiden, i hi anava ocasionalment per assistir a les disseccions d'Steno (Cutler, 2003). Els dos pogueren discutir sobre la filosofia cartesiana, que era un tema comú d'interès. És sabut que Spinoza destacava per les seves peculiars i progressistes idees religioses, que l'enfrontaren a la comunitat jueva del seu entorn. Posteriorment a França Steno entrà en contacte amb altres persones catòliques de profunda fe, cosa que féu trontollar el seu món interior. Al cap i a la fi, pensà Steno que els catòlics també sabien viure la seva fe amb devoció, tal com ho feien els protestants. Durant mesos mentre estava a Florència, seguint el raonament cartesià que el caracteritzava, sospesà punt per punt la religió catòlica i la protestant, fins i tot rellegint els originals grecs i hebreus de la Bíblia que es trobaven a la biblioteca dels Medici (Cutler, 2003). Poc després de l'arribada d'Steno a Florència assisteix a una processió del Corpus a Livorno. Aquest espectacle el fa impactar en la seva mentalitat luterana: *«o bé l'hòstia no és més que un tros de pa, i són bojos en fer-li aquest homenatge, o bé realment conté el cos de Jesucrist, i si és així, perquè no l'estic honorant jo mateix?»*. També estava impressionat amb el zel religiós dels catòlics italians, com el del jesuïta Paolo Segneti (Cutler, 2003), i passava hores discutint temes de religió amb Lavinia Arnolfini, la dona de l'ambaixador de Lucca.

Segons contà Steno uns anys més tard, a l'ocàs del dia de Tots Sants, 2 de novembre de 1667, mentre caminava pels carrers de Florència sentí la veu d'una dona que el cridava des d'una finestra i li digué: *«no segueixqui per aquest costat pel que va, senyor, segueixqui per l'altra costat»*. Aquestes paraules l'impactaren perquè en aquest moment Steno estava absorbt pensant en temes religiosos. La dona, evidentment no li xerrava de religió sinó que l'aconsellava sobre el camí per anar a certa adreça, però Steno ho agafà com a una missatge que li enviava la divinitat. De cop va cridar: *«oh senyor, tu m'has alliberat de les cadenes que m'oprimien!»* (Cutler, 2003).

Paréix que tengué una profunda crisi religiosa, al mateix temps que inicià l'estudi de les roques de la Toscana. La seva crisi religiosa, juntament amb la seva teoria, que ell considerava molt revolucionària, potser actuaren de fre a l'hora de publicar els resultats obtinguts. De totes formes el seu protector el Gran Duc Ferran II el pressionà perquè publicàs algun resultat preliminar de la feina que havia fet. Fruit d'això es publicà *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, que veu la llum a Florència a l'abril de l'any 1669. Aquest llibre suposarà un pas molt important per a la ciència geològica, fins al punt que per molts d'autors serà considerat l'obra que obrirà la geologia com a ciència. Defineix un dels principis de la cristal·lografia (la constància dels angles diedres, Fig. 5), tres principis de l'estratigrafia (superposició, horitzontalitat inicial i continuïtat dels estrats), a més fa el primer intent de reconstrucció històrica de la geologia d'una regió (la Toscana).

No sabem per quins motius Steno va abandonar la seva tasca científica, potser fou per la seva conversió al catolicisme, perquè les seves investigacions el feien dubtar de les seves profundes creences religioses, per la polèmica que

hi hagué amb Hooke sobre l'autoria de les seves idees o tal volta el més probable sigui que es va veure desbordat per la tasca que acabava de començar. A diferència de l'anatomia, la geologia era una ciència que es trobava en estat embrionari, s'havia fet molt poca cosa fins aleshores i quasi tot estava per començar. Steno era l'anatomista que s'havia començat a interessar per l'anatomia de la Terra. Acabava de descobrir que la Terra tenia una estructura que podia ser investigada, encara que els bisturís per dissecar-la eren proporcionats per la mateixa natura (l'erosió i la tectònica). Aquells que estam familiaritzats amb el treball de camp del geòleg sabem com pot ser de complicat entendre allò que veiem. La tasca que se li obria a Steno era immensa i eren lògiques les dificultats amb les que s'afrontà. Sempre considerà el seu treball una obra inacabada, encara que seguí investigant i recopilant notes sobre les seves observacions geològiques.



**Figura 5.** Representació de diversos cristalls en secció, tal com apareixen al *Prodromus* de Nicolaus Steno i que il·lustren el principi de conservació dels angles diedres. De l'1 al 13 són cristalls de quars i del 14 al 19 d'hematites, en els dos casos es pot veure que els angles entre les cares no varien encara que variïn les formes dels cristalls.

El fet és que a partir de l'any 1673, amb 35 anys, Steno va deixar d'escriure sobre temes científics, el seu darrer treball fou un estudi sobre la dissecció d'una àguila, i tot el que escrigué a partir d'aquest any fou sobre teologia i religió.

També hi hagué un altre fet que influí negativament en el desenvolupament de les investigacions d'Steno, l'*Accademia del Cimento* s'estava disgregant (Cutler, 2003). Un dels principals problemes es devien a Giovanni Alfonso Borelli i al seu difícil caràcter. Mentre estava sota la protecció del Príncep Leopold, Borelli només va escriure un llibre sobre l'astronomia galileana prohibida, que ens alguns aspectes s'anticipava a Newton. Uns anys abans Borelli i Viviani foren els primers en mesurar la velocitat del so i ara quasi no es dirigien la paraula (Cutler, 2003). Borelli també estava gelós d'Steno, ja que considerava que es ficava massa en el seu propi terreny estudiant els músculs, encara que inicialment s'havia ofert per col·laborar-hi. En el treball pòstum de Borelli sobre els músculs, ataca amb contundència les idees d'Steno, encara que no menciona el seu nom. Cutler (2003) també diu que Borelli tenia problemes amb l'*Accademia del Cimento* per la publicació de *Saggi di naturali esperienze*, ja que segons manava el Príncep Leopold aquesta havia de recollir l'esperit desinteressat de la ciència, els treballs havien de ser anònims i només es podien publicar experiències i conclusions que comptassin amb el vist i plau de tots els membres de l'*Accademia*. Això fou massa per a Borelli, no podia posar el seu nom i a més les seves experiències i conclusions haurien de comptar amb el vist i plau dels altres membres. Finalment Borelli decidí abandonar l'*Accademia* i anar-se'n a Sicília. El que va suposar un cop encara més fort per a l'*Accademia* fou el comiat del Príncep Leopold. Aquest fou anomenat cardenal, càrrec al que no pogué renunciar degut al posicionament polític de la seva família, i la seva nova funció li impedia compatibilitzar les tasques pròpies del cardenalici amb la seva activitat com a mecenes de les ciències.

### ***Diversos viatges per Europa i publicació del Prodrumus***

Després de la publicació del *Prodrumus*, Steno inicia una sèrie de viatges per Europa (Sequeiros, 2003). Poc abans que Leopold fos nomenat cardenal, Steno rebé una invitació del rei de Dinamarca, Frederic III (1609-1670). Aquest li ofereix una pensió de 400 rixdals anuals per ocupar un càrrec d'anatomista reial. Sembla que el rei no volia renunciar a tenir a prop a un dels científics danesos més famosos. Hi havia un gran problema emperò, Steno s'havia convertit al catolicisme i professava públicament la seva nova fe. Era compatible viure a un país protestant i estar sota la protecció d'un rei protestant amb no haver de renunciar a la seva fe? Hem de remarcar que a mitjans del segle XVII encara estaven recents les ferides obertes per la Guerra dels Trenta Anys, entre catòlics i protestants, a Dinamarca un capellà catòlic que fes missa se'l podia condemnar a mort (Cutler, 2003). Aquesta qüestió assetjava Steno i no pensava acceptar l'oferiment del rei Frederic sense haver-la resolta positivament.

Steno finalitzà el manuscrit del *Prodrumus* a l'estiu del 1668 i el lliurà al vicari general de Florència per obtenir el permís de l'església per publicar-lo. De fet es va enviar als dos censors més favorables que es pogués

imaginar, Viviani i Redi (Cutler, 2003). Per raons que desconeixem Redi tardà un temps a retornar el manuscrit. Mentre Steno es veia pressionat per deixar Florència. Desocupà les seves estances al Palazzo Vecchio al juliol. Finalment se n'anà de la ciutat al novembre, quan encara el *Prodromus* no havia estat publicat, deixà la tasca de supervisar els darrers detalls a Viviani.

Entre finals de 1669 i 1672 estigué viatjant per Europa. Primer s'encaminà al sud i visità Roma i Nàpols. Passà un mes amb Marcello Malpighi i després visità els Alps. Probablement estava esperant la resposta del rei de Dinamarca. A més d'Itàlia també visità Suïssa i els Alps Austríacs, i arribà fins a Viena i al nord d'Hongria. Al febrer de 1670 es trobava a Amsterdam on rebé la notícia que el Rei Frederic III s'havia mort, tot el que s'havia negociat per tornar a Dinamarca s'hauria de tornar a discutir amb el nou rei Cristià V (1646-1699).

En aquest viatge deixà un poc de banda la seva ocupació anatòmica i es fixà més atentament en els aspectes geològics (Cutler, 2003). Havia pogut visitar el famós Vesuvi, els Alps i les famoses mines d'Alemanya i d'Hongria. Va passar almenys sis mesos a Alemanya, d'on va enviar nombroses mostres de fòssils i minerals als Medici. De fet, aquestes mostres són els únics indicis de la seva estada.

Finalment el *Prodromus* es publicà a la primavera de 1669 i Steno envià còpies a hostes i amics. Malgrat fou un text revolucionari no provocà gaires reaccions, almenys fins que no va arribar a Anglaterra, al 1671. Allà va cridar l'atenció de Henry Oldenburg (1619-1677), el secretari de la *Royal Society* of London, la institució científica de recent fundació i de la qual ja n'hem parlat. Oldenburg mantenia correspondència amb científics de tot el món, començà a recopilar-les en un publicació anomenada *Philosophical Transactions of the Royal Society*, que es convertí en la primera revista científica, i que encara se segueix publicant. Aquesta publicació es feia ressò dels descobriments científics més recents, així com es feien resums dels llibres amb temàtica científica que anaven arribant a Londres. Steno ja era conegut per la *Royal Society*, ja que a les pàgines de les *Philosophical Transactions* ja se n'havia fet menció dels seus descobriments, a més alguns membres el coneixien personalment (William Croone, John Ray i Martin Lister). Steno se seguia escrivint amb Croone i una de les cartes s'havia llegit a la *Royal Society* (Cutler, 2003). Quan va arribar una còpia del *Prodromus* a Londres, Oldenburg en va fer una ressenya i el traduí a l'anglès.

Una de les persones a les que el *Prodromus* va captar l'atenció fou Robert Hooke (1619-1677) conegut entre altres coses per ser el descobridor de les cèl·lules i haver-les donat nom, per haver descobert la gran taca de Júpiter i per la llei que descriu la deformació dels cossos elàstics. Hooke fou un dels primers investigadors que usà el microscopi per observar fòssils (Sequeiros, 2003). Havia observat fusta fossilitzada al microscopi i havia pogut observar que aquesta tenia la mateixa estructura cel·lular que la fusta actual i constatà que, al contrari del que creien alguns contemporanis, la fusta fòssil no es formava a partir de la terra sinó que era fusta petrificada sota l'acció de fluids

mineralitzants. L'argument més convincent emperò per a Hooke que els fòssils eren restes d'organismes era que segons ell, la natura no fa res debades. Tot tenia una funcionalitat, una copinya tenia la funció de protegir un mol·lusc, un os de dotar d'una estructura a un vertebrat i una dent de mossegar. Si trobàvem copinyes, ossos i dents és perquè formaren part d'animals i quedaren enterrats. Desafortunadament Hooke va interpretar les idees d'Steno no com un reforçament de les seves pròpies sinó com una intromissió en el seu camp.

Per altra part, Martin Lister, que havia conegut personalment Steno a França, també va polemitzar amb la seva obra. El treball científic de Lister se centrava en l'estudi dels mol·luscs. Coneixia, com era d'esperar, els mol·luscs fòssils però els interpretava com a capricis de la natura que no tenien res a veure amb les mol·luscs actuals. Segons Lister era possible que a les vores del Mediterrani hi hagués mol·luscs fòssils però aquest no era el cas d'Anglaterra (Cutler, 2003). En aquest territori els mol·luscs fòssils que es troben són molt més antics i no corresponen a espècies reconeixibles, d'aquí parteix el desconcert de Lister. De fet acabava d'encetar un dels problemes que plantejava la teoria d'Steno. Si les copinyes que es troben a les roques són restes d'organismes que han viscut en el passat, què representen les que no corresponen a cap organisme actual? La idea de la extinció era inacceptable per a molts de naturalistes (com fou el cas de John Ray), seria com admetre que la Creació fou imperfecta i per això molts organismes hagueren de desaparèixer.

Després de conèixer la malaltia del Gran Duc Ferran a la primavera de 1670, Steno es va tornar a Florència, però quan va arribar ja era mort. El va succeir el seu fill Cosme III, que no havia heretat l'interès del seu pare per a la ciència, al contrari les seves preocupacions s'encaminaven cap a la religió. Entre altres coses, el jove Cosme va prohibir els ensenyaments de Galileu (Cutler, 2003). L'*Accademia del Cimento* definitivament va dissoldre's, Viviani rebé una pensió del Rei de França Lluís XIV, Magalotti es dedicà a la diplomàcia, només Redi continuà a Florència amb la seva tasca científica com a metge personal de Cosme de Medici, i ara la seva tasca es dedicava més als paràsits interns de l'organisme. Com a convers al catolicisme, Steno fou ben rebut pel nou Gran Duc, que li va proporcionar una petita casa a les vores de l'Arno i l'animà a continuar amb les seves investigacions geològiques. Els viatges que havia realitzat reforçaven les seves idees geològiques i l'empenyien a completar la seva obra (Cutler, 2003) però la feina avançava lentament per a una ment tant quadriculada com la d'Steno. Ara tenia una altra distracció, els seus estudis teològics, en part per contestar els contundents atacs als que era sotmès. Una de les persones amb les que s'escribia era el predicador calvinista Johannes Sylvius. També escrivia al seu vell amic Baruch Spinoza. Aquest tenia un problema totalment oposat al d'Steno, acabava d'escriure un tractat en el qual atacava la religió organitzada i els seus enemics l'acusaven d'ateisme. Steno li escrigué perquè abraçàs el catolicisme però no rebé mai una resposta. Després de dos anys a Florència, dedicat a la



teologia i a la geologia, Steno rebé una altra carta del nou rei de Dinamarca, Cristià V (1646-1699), en què aquest li garantia la seva llibertat de creença si retornava al seu país per tornar a dedicar-se a la seva tasca científica.

### ***Darrera estança a Copenhaguen***

Entre 1672 i 1674 Steno tornà viure a Copenhaguen, on reprengué les seves investigacions anatòmiques. Trobava en falta Florència i els estudis geològics, tal com ho escrigué al Gran Duc Cosme (Cutler, 2003). A Dinamarca s'havia de conformar en estudiar els afloraments que apareixien a les excavacions i a les sèquies, a més els seus amics Borch i Bartholin no estaven interessats en els temes geològics. Els dos anys que romangué a Dinamarca foren especialment durs per ell, les discussions religioses en les quals es va veure contínuament immers l'acaben cansant (Sequeiros, 2003), però per altra part l'acosten més als temes espirituals. Mentre fa la dissecció d'una dona jove pronuncia les paraules que es convertiran en un dels seus aforismes més famosos: *«és bell allò que es veu, més bell és allò que es coneix però el més bell de tot és allò que s'ignora»* (*«pulchra sunt quae videtur, pulchriora quae sciuntur, longe pulcherrima quae ignoratur»*). Al 1673, amb 35 anys, publica el seu darrer treball científic sobre la dissecció d'una àguila. Sembla que Steno trobà menys llibertat religiosa de la que esperava i finalment demanar al rei de Dinamarca que l'alliberàs de les seves obligacions i que li donàs permís per retornar a Florència. Al 1674 deixà Copenhaguen definitivament.

### ***Retorn a Florència; Steno és ordenat sacerdot i, poc després, bisbe***

Ja no tornà dedicar-se a temes científics, a Florència fa de tutor del fill del Gran Duc Cosme III, el príncep Ferran III, una tasca per a la que aviat es veurà incapacitat (Cutler, 2003). El príncep estava dotat d'intel·ligència i d'una gran sensibilitat per a les arts però es manifestava rebel enfront a les idees pietoses del seu pare i la seva rebel·lia també atenyia els ensenyaments d'Steno. Aquests fets l'empenyeren cap a tasques que ell considerava més elevades. Ja des de la darrera etapa danesa de la seva vida, comença a considerar la seva trajectòria científica com a una preparació per a una etapa més espiritual. Considerà que l'autèntic objectiu d'un naturalista és admirar l'obra de Déu, ara creia que havia començat l'etapa de donar una passa més i fer-se sacerdot.

El 14 d'abril de 1675, només quatre mesos després del seu retorn a Florència, fou ordenat sacerdot (Sequeiros, 2003). La seva primera missa la féu el dia de Pasqua i tot d'una va fer vot de pobresa. La seva dedicació a l'església no hauria perquè haver suposat la renúncia a la ciència, ja que molta de l'activitat científica d'aquell moment era realitzada per clergues, però Steno pensava que aquesta era una etapa ja tancada i que la nova que anava a començar li demanava dedicació exclusiva a l'espiritualitat i a la religió. En

una carta que escriu al pare Athanasius Kircher, amb qui compartia amistat, malgrat les seves grans diferències d'idees en temes geològics, li digué que havia abandonat la ciència com a un sacrifici que feia per a Déu (Cutler, 2003). Després del seu ordenament, Steno passà un temps al costat de Cosme III, li féu de confessor i va intentar, sense èxit, que reduís els impostos al seu poble.

Tres joves estudiants danesos, dos fills de Thomas Bartholin i un nebot, havien acompanyat Steno des de Copenhaguen fins a Florència per estudiar anatomia. Steno no sols es dedicà a fer-los lliçons d'anatomia sinó que també els instruí amb excursions geològiques (Cutler, 2003). De entre ells, Oliger (o Holger) Jacobaeus (1650-1701), el nebot (i futur gendre) de Thomas Bartholin era el que estava més interessat en temes geològics i, potser no fos casual, també en el catolicisme que havia adoptat el seu mestre (Cutler, 2003).

La vida d'Steno donà un gir quan al 19 de setembre de 1677 fou consagrat bisbe (Sequeiros, 2003). Aquest ascens sorprengué al mateix Steno, que no tenia cap interès en pujar en la jerarquia eclesiàstica (Cutler, 2003). Segons sembla, el Papa estava interessat en enviar qualcú per donar suport als catòlics del nord d'Alemanya. A més tendria sota la seva responsabilitat els territoris d'Escandinàvia. Steno va haver d'anar a Roma a ser consagrat i féu el viatge a peu (Cutler, 2003). El títol que obtingué Steno és realment sorprenent, ja que era el bisbe titular de Titiòpolis. Aquest era un antic territori del sud d'Anatòlia, que correspondria a l'actual Turquia (Gould, 1981). Així doncs el títol de bisbe era més honorífic que real, cosa que no era infreqüent entre els enviats a convertir els infidels en països protestats («*in partibus infidelium*» com se solia dir en aquell temps). La funció que féu Steno fou la de vicari apostòlic, l'anterior que ocupava el mateix càrrec a Hannover, com Steno, fou nomenat bisbe del Marroc. Els territoris dels que es féu càrrec Steno foren nord i oest d'Alemanya, Dinamarca i Noruega. La missió d'Steno seria doncs la de fer-se càrrec dels pocs catòlics que havien sobreviscut a la Guerra dels 30 anys, així com la de convertir al catolicisme els protestants que pogués. Steno tenia la sort que a Hannover es trobava governada pel Duc de Brunswick-Lüneburg Joan Frederic (1646-1679) que també era un catòlic convers. Ja coneixia Steno d'un viatge anterior que havia fet a Hannover i havia estat el mateix Duc el que havia sol·licitat a Roma que li fos enviat (Cutler, 2003).

### ***A Hannover, on conegué a Leibniz***

Així doncs Steno es troba a Hannover, lloc on resideix entre finals de 1677 i fins a l'any 1679. Allà entrà en contacte amb el famós filòsof i matemàtic Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), conegut per ser un dels filòsofs més destacats del racionalisme (i a més un fort defensor de la filosofia de Ramon Llull) i per haver descobert, de forma independent a Isaac Newton, el càlcul infinitesimal. A Hannover, Leibniz es dedicava a fer de bibliotecari del Duc. Ja estava molt interessat pels temes de geologia, ja que ell mateix

havia exercit d'enginyer de mines al massís del Harz, entre els actuals estats alemanys de Baixa Saxònia i de Saxònia-Anhalt, al bell mig d'Alemanya i una de les seves principals províncies mineres. De fet el massís del Harz també té un paper rellevant en la història de la geologia ja que el seu nom llatinitzat de massís Hercinià dona nom a una etapa orogènica. L'interès de Leibniz per la geologia arribà al punt d'escriure cap al 1693 una obra sobre aquest tema anomenada *Protogaea* i que no fou publicada fins al 1749, més de 30 anys després de la seva mort, però que en publicà un resum al 1693 a la revista que fundà el mateix Leibniz, *Acta Eruditorum*. Leibniz també estava molt interessat, com Steno, en la teologia, encara que la visió que tenien aquests dos pensadors fos molt diferent. Leibniz pensava que era possible un acostament entre els teòlegs catòlics i els protestants, ja que en el fons les seves idees no estaven molt distants. Segons el que pensava Leibniz els teòlegs catòlics i protestants s'equivocaven en la majoria de coses que els distanciaven i encertaven en la majoria de les idees que els apropiaven. Justament al contrari que Steno que, després de les recents disputes amb els protestants, s'havia anat fiant en el seu distanciament del protestantisme. Malgrat tot, Leibniz admirava l'obra científica d'Steno, principalment la geològica, la qual es menciona en diverses ocasions en la seva *Protogaea*. Posteriorment Leibniz lamentà a la seva obra *Essais de Théodicée* (1710) que «un gran físic es convertís en un teòleg mediocre».

Leibniz animà Steno a completar la seva tasca geològica però lamentà que ja no tengués altra preocupació que la teologia, afirmà irònicament a la seva *Théodicée* que esperava que el Papa li ordenàs dedicar-se a la geologia, i no tendria altra remei que fer-ho obligat per la santa obediència.

El Duc Joan Frederic morí al desembre de 1679 i fou succeït pel seu germà Ernest August (1629-1698). Aquest era protestant i no tenia cap interès en mantenir un bisbe catòlic, ni una comunitat catòlica, al seu ducat, amb la qual cosa Steno se'n va haver d'anar de Hannover.

### ***Darrers anys d'Steno a Alemanya***

Els darrers anys d'Steno transcorregueren a Alemanya i foren els més durs. Duia una vida cada vegada més austera, probablement com a resposta a la corrupció que veia dins de l'església. Volia dedicar-se a exercir com a un simple capellà però no obtingué el que desitjava. Fou enviat a Münster com a bisbe auxiliar, on tractà de reformar els costums relaxats del clergat amb poc èxit. Les seves idees radicals li feren guanyar-se enemics, especialment entre les altes jerarquies de l'església, per la seva defensa acèrrima de la pobresa i per la seva crítica ferotge sobre les pràctiques, de vegades qüestionables, sobre el finançament de l'església. Quan el bisbe principal va morir el nou bisbe va demanar a Steno que s'adherís a les seves idees contra les que es va rebel·lar negant-se a fer missa per l'ocasió (Cutler, 2003). Finalment Steno se'n va haver d'anar de Münster forçat per l'ira dels mateixos catòlics.

Després va anar-se'n a Hamburg, on duia una vida cada vegada més ascètica. Un dels homes que Steno havia convertit al catolicisme va afirmar que Steno havia venut el seu anell de bisbe i el seu crucifix i donat els doblers que n'havia obtingut, a més dormia en una cadira o un llit de palla i vestia com un pobre. Mentre que alguns veien aquest comportament com al d'un sant d'altres el miraven amb suspicàcia. Els catòlics d'Hamburg acabaren essent més hostils que els de Münster i Steno hagué de fugir sota l'amenaça que li feren de tallar-li el nas i les orelles, o fins i tot de matar-lo. Steno cada pic es trobava més sol, arribà a afirmar en una carta que vivia com un cadàver que no sentia res. Desitjava retornar a Florència, on havia estat més feliç i va arreglar-ho amb el Gran Duc Cosme al 1685. Però no pogué fer-ho ja que se li demanà que posposàs el seu viatge per ajudar al capellà missioner d'Schwerin que estava massa malalt per poder fer les seves tasques. Però la salut d'Steno també s'anava deteriorant degut al seu ascetisme (Cutler, 2003) i anava sofrint còlics que sovint l'incapacitaven per fer res. Al 21 de novembre de 1686 es va veure afectat per un intens dolor abdominal i va escriure unes línies al seu amic Theodor Kerckring (1638-1698) que havia conegut com a company d'estudis a Leiden i que havia retrobat a Hamburg. En aquestes poden trobar les següents paraules: *«Al meu mal habitual, el còlic, sembla que se li ha afegit una pedra. Anit passada vaig sofrir els dolors més intensos a l'os sacrum. Després un ènema, m'empenyeren cap avall l'os pubis, i des d'aquest matí sembla que s'han incrementat, com si s'hi estigués formant una inflamació. No surt cap gota d'orina. Crec que la pedra s'ha incrustat en un plec de la bufeta i, a més de causar-me el mal, provoca la inflamació de la mucosa de la bufeta i això em provocarà la mort»*. Steno morí a Schwerin el 5 de desembre de 1686, sense haver complert els 49 anys d'edat, vestit pobrament i sofrint de l'estómac (Sequeiros, 2003). Altres autors situen la seva mort al 25 de novembre (Cutler, 2003).

Quan el Gran Duc Cosme de la Toscana va saber que Steno havia mort va pagar l'enviament de les seves despulles a Florència, on foren enterrades a la basílica de Sant Llorenç juntament amb els membres de la família Medici. Les notícies sobre la mort d'Steno també arribaren a les orelles de Leibniz. Per aquell temps la geologia s'havia tornat una obsessió per a ell (Cutler, 2003). Leibniz estava escrivint una història sobre els ducs de Brunswick-Lüneburg, que tenia la fixació de fer-la començar des dels inicis de tot. No sols volia esbrinar l'inici de la dinastia sinó també l'inici de les terres del Ducat de Brunswick-Lüneburg, i això d'una manera un tant malaltissa el feia començar a l'època de la creació de la Terra. A més intentava persuadir al Duc Ernest August que li finançàs un altre dels seus projectes, construir molins, inventats per ell mateix, per extreure l'aigua de les mines del Harz. El projecte no acabà funcionant però li havia donat l'oportunitat de conèixer de primera mà les roques i els estrats d'aquest massís. Leibniz volia recuperar el manuscrit amb les anotacions geològiques d'Steno (Cutler, 2003). Les seves recerques el conduïren en primer lloc a Hamburg on trobà Kerckring, que desconeixia on es trobava el document, però informà Leibniz que tots els documents d'Steno

havien estat enviats a Florència. Leibniz anà tot d'una cap a Florència amb l'excusa de fer recerques genealògiques per al seu treball. Quan tornà a Alemanya va assabentar-se que Steno havia lliurat el manuscrit geològic al nebot de Bartholin, Oliger Jacobaeus. Aquest havia estat forçat a tornar a Dinamarca, segurament per evitar que es convertís al catolicisme com el seu mestre. A partir d'aquí es perd la pista al manuscrit, no se sap si es perdé pel camí o si el conservà Jacobaeus per un temps. El que sí que és cert és que Jacobaeus no publicà mai res de temàtica geològica ni d'Steno ni propi.

## OBRA CIENTÍFICA D'STENO

L'obra científica d'Steno no és molt àmplia però compensa amb qualitat la seva escassa extensió. Com que era conscient de les profundes implicacions de la seva teoria, intentà que estigués ben fonamentada, no deixà cap concepte que no fos raonat en profunditat, fins al punt que pot semblar massa insistent per al lector actual. Es poden trobar anàlisis bastant exhaustius a Ellenberger (1988), Sequeiros (2003), Alsina (2006) i Sequeiros i Pelayo (2011).

Com a metge va fer importants descobriments científics, com el conducte d'Steno de les glàndules paròtides, a més féu contribucions importants per al coneixement del tiroides, i del cor, en descobrir que estava format per teixit muscular. A París féu un discurs en què afirmà que la glàndula pineal era un òrgan immòbil i que no podia ser l'òrgan que utilitzava l'ànima per donar moviment al cos, en contra del que deien els metges influenciats pel cartesianisme. A més va estudiar l'aparell reproductor femení dels taurons i observà que contenien ovaris amb ous, això el dugué a reflexionar sobre el que deia la tradició aristotèlica, que considerava que els ovaris de les dones (al temps d'Steno s'anomenaven *testes mulierum*) eren testicles degenerats. Per a Steno els ovaris contenien els òvuls, similars als ous dels taurons, i no podien ser considerats mai com a testicles degenerats. Aquesta concepció assentà un precedent per al desenvolupament de la teoria ovista. El 1666 es va establir a Florència acollit pel Gran Duc de la Toscana Ferran II i formà part de l'*Accademia del Cimento*, que en aquells temps era una de les institucions científiques més importants del món.

## EL CONTINGUT GEOLÒGIC DEL *CANIS CARCHARIAE DISSECTUM* CAPUT

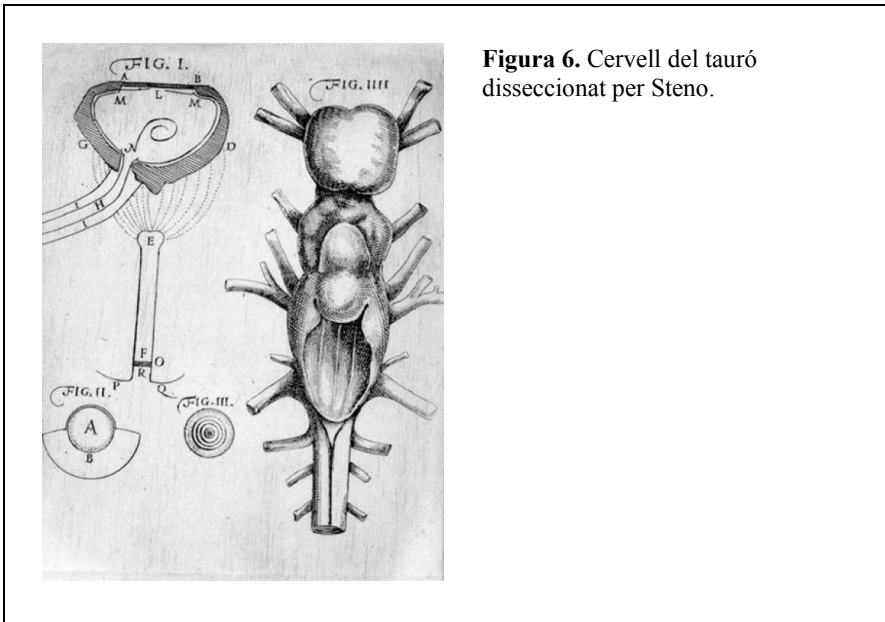
Com ja hem dit abans, aquest pot considerar-se un dels treballs fundadors de la geologia. Malgrat la seva importància no s'ha traduït mai al català. En castellà existeix la traducció feta per Sequeiros i Pelayo (2005), que

ha estat revisada en un treball posterior (Sequeiros i Pelayo, 2011), que compta a més amb els interessants comentaris d'aquests autors.

Al 1666 es capturà un tauró gegant, segurament un tauró blanc, *Carcharodon carcharias*, d'unes 3500 lliures florentines de pes (més de 1000 kg), a prop del port de Livorno, que estava sota el domini del Gran Duc de la Toscana. Li fou duit el cap a Steno perquè el disseccionàs. Posteriorment Steno realitzarà altres disseccions en taurons. Fruit d'aquest treball publicà l'obra *Elementorum myologiae specimen, seu musculi descriptio geometrica. Cui accedunt Canis Carchariae dissectum caput et dissectis piscis ex canum genere*, publicat a Florència al 1667. Aquesta obra es troba dividida en tres parts, que en realitat són tres treballs científics independents. La primera és la que s'anomena *Elementorum myologiae specimen* i tracta de fer una descripció geomètrica dels músculs, seguint les idees inspirades per Galileu i Viviani. Es realitzà un avanç important en el camp de la medicina ja que l'acció d'aquest no ve descrita com a una força de caràcter més o menys misteriós sinó que ve relacionada amb la geometria. Suposà un acostament important d'Steno a la concepció organomecanicista de la iatroquímica, així com també un acostament de la geometria, la ciència que havia estat cultivada per Descartes, a la medicina. El segon dels treballs és el que conté un petit tractat de geologia i es titula *Canis carchariae dissectum caput*, és a dir *Dissecció del cap de Canis carcharias*. Degut a que aquest treball conté algunes de les idees seminals de la geologia es tractarà a part més detingudament. El tercer dels treballs és la *Historia dissecti piscis ex canum genere*, en el qual fa la dissecció d'uns taurons, segurament del gènere *Squalus* que completarien les observacions fetes en la dissecció del cap del gran tauró. D'aquest treball és destacable les idees que aporta sobre la anatomia de l'aparell reproductor femení i sobre els òvuls. Steno va disseccionar l'aparell reproductor d'aquests taurons i va poder observar que els ovaris contenien petits ous (*ova* en plural, *ovum* en singular), òvul és el diminutiu d'ou. Per a Steno aquesta descoberta podia invalidar un dels preceptes més acceptats de la reproducció, que afirmava que la femella tenia un paper totalment passiu en la reproducció, servia només de receptacle pel fluid generador d'un nou ser que era el semen. Aquesta creença havia estat ben establerta per Aristòtil (Mosterín, 2006). Pel contra Steno considera que la femella, si genera els òvuls, ha de tenir un paper actiu en la reproducció. També s'aventura a anar un poc més enllà i afirma que deu passar el mateix en el cas de les dones, els seus ovaris, que fins a les hores s'havien anomenat *testes mulierum*, no podien ser, com havia dit Aristòtil, testicles degenerats sinó que eren productors d'òvuls. Aquesta afirmació va ser corroborada uns anys més tard per un dels companys d'estudis d'Steno a Leiden, Reinier de Graaf (1641-1673), amb el descobriment del fol·licle ovàric, també conegut com a fol·licle de De Graaf. Podem considerar aquest treball d'Steno un precedent de la teoria ovista, elaborada posteriorment per De Graaf i Swammerdam. Segons aquesta teoria l'embrió es troba prefigurat a l'òvul matern. S'ha de puntualitzar que a l'època d'Steno no es tenia clara la

diferenciació entre òvul i fol·licle ovàric, i aquesta no es va dilucidar fins que no es varen construir microscopis amb suficient qualitat òptica.

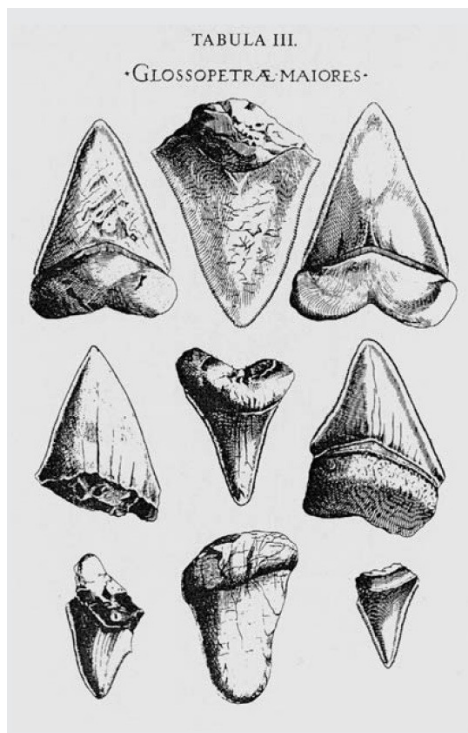
El treball que més ens interessa, com ja hem dit abans és el *Canis carchariae dissectum caput*. Aquest treball es troba dividit en tres parts, en la primera tracta de l'anatomia del tauró (anomenat per Steno, *Canis carcharias*). Steno posa un esment especial en la pell, els músculs i el cervell. Destaca la petitesse del cervell (Fig. 6), que pesa a tot estirar tres unces per un animal que fa més d'una tona. Per Steno suposa un cop mortal a les idees cartesianes sobre el cervell; com podria un cervell tan petit estirar dels fils per moure una criatura tan grossa?



**Figura 6.** Cervell del tauró dissecat per Steno.

En la segona hi ha una explicació sobre les dents de tauró. Steno observà que les dents del tauró es disposen en diverses fileres (en comptà 13), de forma que les més interiors encara no estan totalment formades i aniran reemplaçant les més externes. Això volia dir que al llarg de la vida d'un tauró s'haurien produït moltes dents que podien haver quedat enterrades entre el sediment del fons marí. També destaca la vora en forma de serra de les dents, adequada per a trossejar les víctimes. Steno cita un treball de Michele Mercati (1541-1591) en què fa una descripció d'un tauró i en descriu les dents. A més, Steno va reproduir en el seu treball una de les planxes de Mercati de la seva obra *Metallotheca vaticana*. En aquesta part també discuteix el problema de les *glossopetrae* (literalment llengües de pedra, Fig. 7) que es trobaven en diversos indrets, encara que els més coneguts eren els que apareixien als materials miocènics de l'illa de Malta. Steno coneixia les *glossopetrae* gràcies al seu mestre a Dinamarca, Bartholin, que considerava que tenien propietats

curatives, així com també coneixia l'estudi del metge de Montpeller, Guillaume Rondelet (1507-1566), en el qual afirmava que les *glossopetrae* eren exactament iguals que les dents del tauró. També s'ha d'assenyalar que a l'any 1616 Fabio Colonna (1597-1640), un dels primers membres de l'*Accademia dei Lincei*, a la qual també pertanyia Galileu, publicà una obra anomenada *De glossopetris* en què afirma que les llengües pètries eren dents de tauró. Colonna es basava, no sols en l'aparença externa com Rondelet, sinó que trencà les *glossopetrae* i examinà el seu interior, així com també les cremà i observà les seves cendres. També féu aquesta operació amb les dents de peix i amb les pedres. Les seves conclusions són clares, les *glossopetrae* no poden ser res més que dents enterrades de peixos. A més Colonna afirma que ningú pot ser tan estúpid com per no afirmar que la naturalesa d'aquestes és la mateixa que la de les dents i no de les pedres. La teoria de Colonna tenia un inconvenient per ser acceptada pels naturalistes de l'època, ja que no explica com s'havien emplaçat les *glossopetrae* dins de les roques on les trobam actualment. A Colonna li mancava una teoria de la sedimentació i de la fossilització, la tasca d'Steno fou la de realitzar-la.



**Figura 7.** Dents fòssils representades al *Canis carchariae dissectum caput*.



Steno remarca que les *glossopetrae* que es troben fòssils, no tenen l'aparença de cossos en formació sinó que manifesten signes de decadència, és a dir es troben fragmentades en part, erosionades, gastades, etc. Mostrant tots els signes de ser objectes molt vells i que duien molt de temps dins del materials que els contenien. Així, concloïa Steno, les *glossopetrae* eren interpretades com a fòssils i no com a objectes curiosos.

La tercera part és un estudi d'aquests fòssils des del punt de vista paleontològic, i que encetaria el seu projecte més ambiciós, l'estudi de les roques i dels fòssils de la Toscana (Sequeiros, 2003). Els fòssils són anomenats per Steno cossos similars a parts d'animals (en llatí *animalium partibus similia corpora*). S'ha de dir que *fossilis* ve del llatí *fodere* (=desenterrar) és a dir que originalment els fòssils eren qualsevol objecte extret de la terra, sense que implicàs que havia tengut un origen orgànic, d'aquí que usi aquesta nomenclatura per evitar confusions. En aquesta part introdueix una idea molt important: «*les capes de la Terra que es troben davall nosaltres són estrats, antics sediments successius*». Això és molt important perquè és la primera vegada que s'utilitzen els conceptes d'estrat i sediment amb el sentit modern que li dona la geologia actual. També remarca Steno que les closques d'ostres que es troben a les roques sedimentàries no es diferencien en res de les que es poden trobar actualment vivents, la qual cosa obre el camí a l'estudi paleontològic de les roques sedimentàries. La tercera part d'aquesta obra comença amb una relació d'onze fets observats que són els següents:

- Les terres [que contenen fòssils] de vegades són dures (tova), o de vegades més blanques (arena i argila).
- Són [materials] compactes no solts.
- En diversos llocs s'observa que la terra està composta d'estrats superposats uns a sobre d'altres i inclinats sobre l'horitzó.
- Les terres argiloses poden estar formades per estrats de colors diversos, amb esquerdes perpendiculars, omplertes completament d'una matèria de color únic.
- A una terra determinada, dura o blana, es troben amagats cossos diversos.
- A l'argila són més abundants a la superfície que a l'interior de la mateixa terra.
- Són més blans a mida que ens anam a la part més profunda, on es desfan en pols amb el mínim contacte.
- En el terreny rocós aquests cossos són més freqüents, a totes les parts tenen la mateixa consistència i es troben fixats a l'interior de la roca, tant si és de calç com si és de guix.
- Tant si són extrets d'un terreny dur com d'un blan els cossos similars a parts d'animals aquàtics són completament semblants, tant entre ells com a les parts corresponents d'animals vius.

- Els mateixos cossos de vegades són sòlids com la roca i d'altres són fàcilment convertibles en pols.
- En determinats paratges es troben nombroses closques d'ostres soldades formant una sola massa.

Aquestes observacions poden resultar xocants pels lectors actuals, però tenen una intenció ben clara, demostrar que la teoria que els fòssils són restes d'organismes enterrats és la correcta, i per això s'haurà de demostrar la falsedat de totes les altres teories: la generació espontània (teoria aristotèlica), la formació a partir de la força generadora de la natura o per influències astrals (teories platònica, neoplatònica i hermètica), capricis o jocs de la naturalesa (teoria defensada per Athanasius Kircher) i miracles (teoria tradicional). Steno posa les teories a prova i mira si aquestes es corresponen amb el que s'observa o no. Un objecte que cresqui dins de la roca la trencarà, com fan les arrels de les plantes, però no s'observen mai esquerdes associades al creixement dels fòssils. És més, els fòssils sovint presenten signes de degradació, com poden ser copinyes que es desfan al més mínim contacte amb els dits, és a dir són objectes antics que han sofert durant molt de temps l'acció degradadora de les aigües. Moltes petxines es poden trobar juntes, com si haguessin estat acumulades a una platja. També es tracta de veure si els materials o els llocs on es troben tenen influència en la seva possible gènesi, aquí tracta d'aplicar la concepció formulada per Francis Bacon sobre la ciència, estudiar els fets sense deixar-se arrossegar per idees preestablertes.

D'aquestes observacions Steno n'obté una sèrie de conjectures, que els autors actuals consideren més bé hipòtesis de treball (Alsina, 2006; Sequeiros, 2003), que són les següents:

- La terra de la qual s'extreuen cossos semblants a parts d'animals, aparentment no els produeix avui en dia.
- Aquesta mateixa terra no sembla haver estat compacta quan aquests cossos hi foren transportats.
- Res s'oposa a admetre que aquesta terra hagués estat en altres temps coberta per les aigües.
- Res tampoc sembla oposar-se a creure que en altres temps aquesta terra hagués estat en altre temps mesclada amb les aigües.
- No hi veig tampoc res que impedisqui considerar la terra com a un sediment de l'aigua acumulat poc a poc.
- Res sembla oposar-se a que els cossos semblants a parts d'animals extrets de la terra siguin considerats parts d'animals.

En primer lloc, s'ha de remarcar el caràcter hipotètic de les conjectures d'Steno. Aquest no fa afirmacions contundents sinó que es mou en el terreny de l'especulació. Potser la motivació sigui el perillós que podia arribar a ser en aquell temps de trifulgues religioses fer afirmacions sobre temes que tocaven

aspectes de la història del món que apareixien a la Bíblia. El cas de Galileu encara estava sagnant entre els membres de l'*Accademia del Cimento*, i aquest només s'havia pogut tancar amb l'admissió que les afirmacions que es feien eren purament hipotètiques. També Descartes, per evitar-se entrar en disputes religioses, adverteix del caràcter hipotètic de la seva teoria sobre la formació de la Terra. Potser també Steno pensava que així com ell discutia les idees de grans pensadors com Aristòtil i Descartes, també havia de fer un exercici de modèstia i pensar que teòrics posteriors també podien debatre les seves pròpies idees.

Molts dels fets que havia observat Steno anaven encaminats a validar la primera de la conjectures, és a dir que els fòssils són objectes enterrats a les roques i no formats dins de les roques. La segona és molt important perquè ens condueix a les següents conjectures, les roques en les quals trobam fòssils no eren dures des del començament sinó que han sofert un procés d'enduriment, aquí Steno introdueix implícitament el concepte de diagènesi, com els processos que sofreix un sediment per convertir-se en una roca. Steno no en sabia res d'aquest però en dedueix la seva necessitat. La conjectura tercera fa referència al llibre del Gènesi de la Bíblia. Al llibre del Gènesi 1, 2 es diu «*La terra era caòtica i desolada, les tenebres cobrien la superfície de l'oceà, i l'Esperit de Déu planava sobre les aigües*». Segons aquest passatge, al començament de la creació del món existia un oceà primordial. Steno ens diu que segons les escriptures la Terra estigué coberta dues vegades per les aigües, la primera seria amb l'oceà primordial i la segona amb el Diluvi. Encara que Steno no ho deixa clar, donà peu a la interpretació que feren alguns autors posteriors: les roques més antigues, que no contenen fòssils foren les que es dipositaren en l'oceà primordial, mentre que les que sí en contenen s'originaren en el Diluvi. Steno ens refereix al fet que els autors antics eren més donats a admetre que el Diluvi Universal era el que havia pogut emplaçar els fòssils als cims de les muntanyes que els autors contemporanis, més influenciats per l'aristotelisme. Les conjectures quarta i cinquena estan relacionades amb aquesta. Les aigües que inundaren la Terra contendrien sòlids en suspensió que en dipositar-se generarien les roques que formen les muntanyes. Aquí s'introdueix per primera vegada el concepte de sediment en geologia. Fins aleshores havia estat un terme mèdic, referit al sediment de l'orina (Alsina, 2006). Steno anomena quatre casos en què es poden dipositar sòlids a partir de l'aigua: per refredament, degut a que l'aigua perd l'agitació a causa de la matèria subtil i el líquid ja no es capaç de retenir els corpuscles sòlids; per evaporació, degut a que es volatilitzen les parts més lleugeres del líquid i es dipositen els sòlids; per confluència de fluids, els sòlids continguts en un dels líquids precipita en mesclar-se amb altres líquids, aquí Steno manifesta els seus coneixements mèdics com el fet que el sediment de l'orina pot redissoldre's en orina nova; per transformació, recordant la vella teoria aristotèlica dels quatre elements i de la transmutació. Aquí es refereix a un experiment realitzat als seus anys d'estudiant amb Ole Borch en què aquest va fer precipitar terra a partir de l'aigua límpida.

S'ha de remarcar la influència que té la teoria corpuscular de la matèria i la física mecanicista d'origen cartesià (Alsina, 2006).

### **LES APORTACIONS CIENTÍFIQUES DEL *DE SOLIDO INTRA SOLIDUN NATURALITER CONTENTO DISSERTATIONIS PRODROMUS***

L'estudi sobre els fòssils i les roques de la Toscana es veu endarrerit per una sèrie de circumstàncies, la primera és l'enfrontament entre els descobriments i les conclusions a què l'abocaven i la ciència tradicional que s'havia fet fins ara. Els seus descobriments eren massa innovadors com per poder ser acceptats fàcilment, per la qual cosa els havia d'estudiar detingudament. En segon lloc al 1667 Steno es converteix al catolicisme, cosa que li crearà una profunda inquietud religiosa. El seu protector, el Gran Duc de Toscana Ferran II, li dóna pressa perquè publiqui un resum de les descobertes fetes fins aleshores, i a efectes d'això publica el que amb el temps serà un dels treballs més importants de tots els temps sobre geologia, *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, publicat a Florència al 1669, que sovint es coneix amb el nom abreuiat de *Prodromus*. El títol es podria traduir com a *Treball preliminar a la dissertació sobre el sòlid contingut de manera natural a dins d'un altre sòlid*. Com succeeix en altres ocasions, el treball extens no es va arribar a publicar, així que ens hem de conformar amb aquest resum (això sí, ben raonat i ben exposat) sobre les idees geològiques d'Steno. Podem trobar síntesis de l'obra d'Steno a Sequeiros (2003), Sequeiros i Pelayo (2005 i 2011) i a Ellenberger (1988).

Els objectius i el pla de treball del *Prodromus* són diferents dels del *Canis carchariae* ja que en aquesta obra té l'objectiu d'arribar a formulacions més generals sobre la gènesi de les roques i dels estrats a partir d'unes proposicions generals (Alsina, 2006). La primera de les proposicions és «*si un cos sòlid està envoltat per totes les seves parts per un altre cos sòlid, el que s'ha endurit primer és aquell que en el contacte mutu esculpeix per ell mateix els caràcters de la seva forma superficial a la superfície de l'altre*». És a dir, si trobam roques que contenen cristalls o fòssils amb formes ben delimitades, aquests existien abans que aquelles ja que els han transferit les seves formes.

La segona de les proposicions ens diu «*si un cos sòlid és des de tots els punts de vista similar a un altre cos sòlid, no sols en els seus caràcters superficials sinó també en la seva organització interna de cada part i de les partícules, també és similar a ell quant al mode i lloc de producció*». D'aquí es dedueix que «*els estrats que es troben a la terra són similars al que es produeixen per la deposició de l'aigua tèrbola*»; «*els cristalls de les muntanyes coincideixen quant a lloc i mode de producció amb els cristalls de nitro*»; «*els cossos que s'extreuen de la terra i que són similars a parts d'animals i plantes, han estat produïts del mateix mode i lloc que les parts mateixes dels animals i les plantes*».

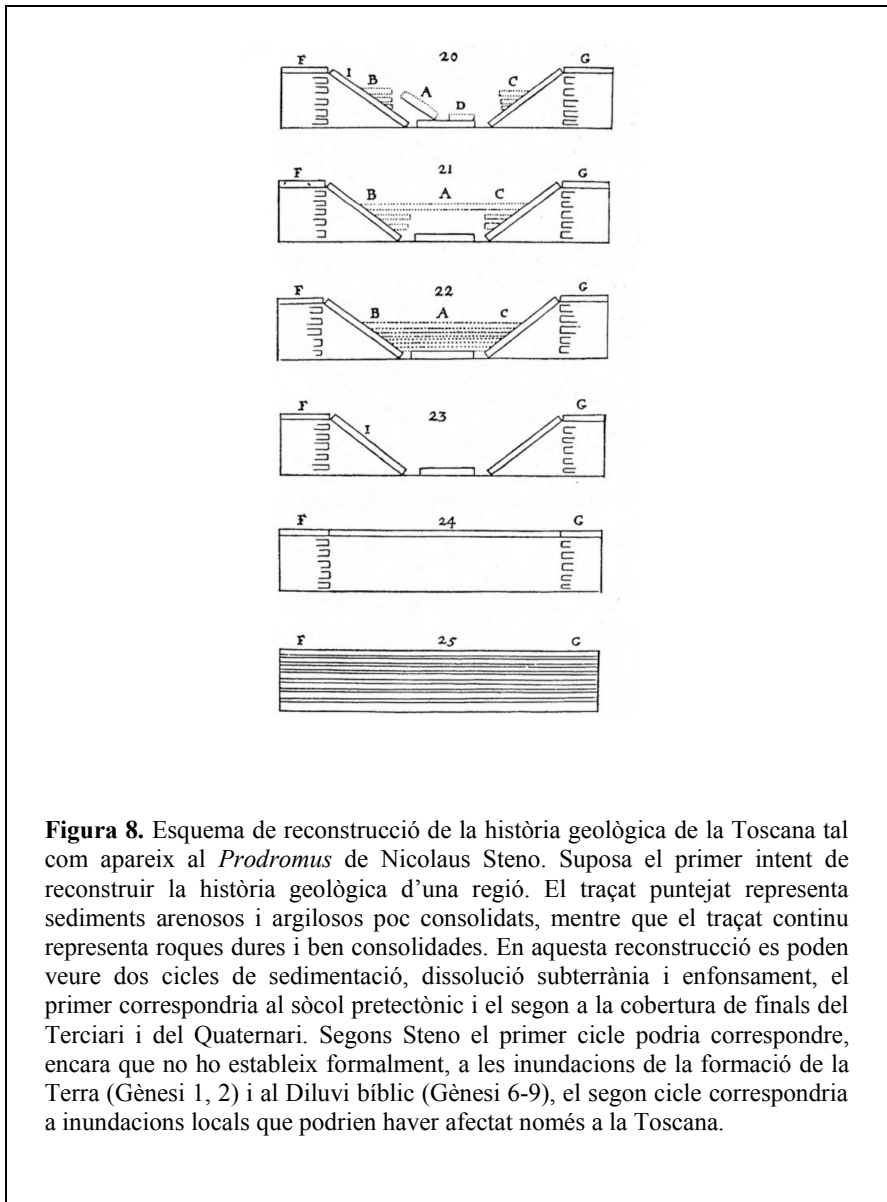
La tercera de les proposicions ens diu «*si un cos sòlid ha estat produït segons les lleis de la naturalesa, ha estat produït per un fluid*». Aquí diferencia dos tipus de sòlids, en els que només hi intervenen fluids externs (estrats i cristalls) i en els que també hi intervenen fluids interns (sers vius, amb la sang i la saba). Segons Gould (1981), amb aquesta diferenciació Steno realitza una nova classificació dels sòlids naturals que serà cabdal per al desenvolupament de la geologia posterior.

En el *Prodromus* hi apareixen tres lleis de gran importància per a la geologia. La primera fa referència a la cristal·lografia i és la llei de constància dels angles diedres. En tots els cristalls de la mateixa espècie les formes no tenen perquè mantenir-se uniformes però el que s'observarà sempre és que els angles que formen les cares entre elles es mantenen constants. Per il·lustrar aquesta llei es pot veure la figura 5. Posteriorment, aquesta llei que es basava només en la comparació de les formes, es va basar en mesures dels angles fetes amb goniòmetre per Jean-Baptiste Romé de L'Isle (1736-1790).

Les altres tres lleis que apareixen en el *Prodromus* fan referència a l'estratigrafia i són les següents:

- Llei de superposició dels estrats: en tota successió de capes de roques sedimentàries, les que se situen a davall són les més antigues i les que es troben per sobre són les més modernes. Els coneixements tectònics d'Steno eren limitats, motiu pel qual desconeixia que es poden donar inversions estratigràfiques. Per això actualment es matisa que aquesta llei es compleix sempre que no hi hagi inversions estratigràfiques per forts plegaments o per encavalcaments. Si les roques presenten una deformació baixa o nul·la molt probablement la llei de superposició es complirà.
- Principi de l'horitzontalitat original dels estrats. Les capes es formen per sedimentació i per tant la disposició original d'aquesta serà la horitzontal. El fet que vegem capes inclinades, fet que Steno pogué constatar, ens senyala que aquestes han sofert una desplaçament de la seva posició horitzontal. Aquest darrer fet fou interpretat correctament per Steno, encara que els mecanismes que ell creia que funcionaven (l'erosió subterrània i l'enfonsament) no funcionen més que en casos molt concrets, i mai a escala regional.
- Principi de continuïtat lateral dels estrats. Les capes que tenen les mateixes característiques observables (Steno utilitza la paraula fàcies, és a dir aspecte, terme que s'ha introduït en el llenguatge geològic, encara que no amb el mateix significat exacte) i que nosaltres veiem interrompudes, en realitat es dipositaren en un mateix moment i estaven unides. El fet que nosaltres no vegem la continuïtat es deu a que ha actuat l'erosió o ha estat interrompuda per altres fenòmens (Steno apel·la als enfonsaments, que ell pensava que es podien donar a escala regional). Steno pensava que hi podia haver capes ubiqües, i d'altres de regionals, que es veurien

interrompudes pels límits de la seva conca de sedimentació. Vegeu-  
ne exemples en les figures de la 20 a la 25 del *Prodromus* (Fig. 8).  
La ubiqüitat de certes formacions geològiques podien explicar-se  
pel Diluvi Universal, o per la deposició a l'oceà primordial. Aquesta  
interpretació, estrenà un nou paradigma, el de l'escola diluvista, que  
interpretava les capes de la Terra com a sediments dipositats durant  
el Diluvi, i que tengué molts de seguidors a Anglaterra.



**Figura 8.** Esquema de reconstrucció de la història geològica de la Toscana tal com apareix al *Prodromus* de Nicolaus Steno. Suposa el primer intent de reconstruir la història geològica d'una regió. El traçat puntejat representa sediments arenosos i argilosos poc consolidats, mentre que el traçat continu representa roques dures i ben consolidades. En aquesta reconstrucció es poden veure dos cicles de sedimentació, dissolució subterrània i enfonsament, el primer correspondria al sòcol pretectònic i el segon a la cobertura de finals del Terciari i del Quaternari. Segons Steno el primer cicle podria correspondre, encara que no ho estableix formalment, a les inundacions de la formació de la Terra (Gènesi 1, 2) i al Diluvi bíblic (Gènesi 6-9), el segon cicle correspondria a inundacions locals que podrien haver afectat només a la Toscana.

Segons Cutler (2003) la idea d'Steno crea un nou interès per a la ciència, la de descobrir la història dels esdeveniments estudiant la naturalesa. La història natural té com a objectiu l'estudi dels objectes naturals en ordre de classificar-los, la filosofia mecanicista intenta veure com funcionen. La ciència històrica parteix d'una concepció nova, ja que fins aleshores no s'havia provat de discutir la història dels esdeveniments a partir de les observacions fetes a la mateixa naturalesa. Evidentment hi havia el precedent de Descartes, però aquest no tracta de dilucidar la història a partir de la naturalesa sinó a partir del raonament.

Com sol succeir en nombroses ocasions les idees d'Steno sobre els estrats havien tengut precedents. Entre ells destacarem dues figures notables. La primera, cronològicament, correspon al metge, filòsof i alquimista persa Abu-Alí al-Hussayn ibn Abd-Al·lah ibn Sina, més conegut pel nom llatinitzat d'Avicenna (980-1037). Ja al segle XI havia interpretat correctament les capes de la Terra com a estrats. Potser Avicenna coneixia les *Epístoles dels Germans de la Puresa*, escrites per una societat secreta, lligada a l'islamisme xiïta de Basora al segle X. Les *Epístoles* formen una espècie d'enciclopèdia que recull les seves creences i en elles es fa referència a la sedimentació com a un procés natural. A l'obra d'Avicenna *Kitāb al-Shifā'*, en català *Llibre de Guarició* i en llatí *Sufficientia*, es tracta, entre d'altres temes, de la formació de les muntanyes i es menciona que les capes superiors dels estrats han de ser les més modernes, enunciant sis segles abans que Steno el principi de superposició dels estrats. Avicenna també tractà del tema dels fòssils, que són interpretats correctament com a restes petrificades de sers vius.

D'aquest llibre se'n va fer una traducció al llatí a Toledo al segle XIII, i fou usat com a un dels textos bàsics en medicina a l'Europa Occidental. Malgrat tot, la part del llibre en què ens parla dels estrats no havia estat mai traduïda al llatí i per tant les idees d'Avicenna no s'havien transmès a Occident (Cutler, 2003).

La segona de les figures notables és la del conegut pintor i inventor florentí Leonardo da Vinci (1452-1519). Leonardo coneixia bé l'existència de petxines a algunes muntanyes, així com també tenia coneixements sobre el comportament dels mol·luscs. Sabia que els mol·luscs només es poden moure lentament, tal volta algun metre al dia. Si les petxines que trobava a les muntanyes testimoniaven el Diluvi Universal es plantejava un problema seriós, com podien trobar-se a llocs tan allunyats de la mar com Monferrato a Llombardia? Com podien els mol·luscs desplaçar-se uns 400 km en els 40 dies que durà el Diluvi Universal? Per altra part, Leonardo pogué veure que les copinyes molts de pics es trobaven fracturades, amb perforacions o amb incrustacions de cucs, cosa que ens indicava que pertanyeren a animals que havien viscut en el passat. La seva acumulació, de vegades formant bancs, ens mostrava una acumulació gradual, i no un episodi d'acumulació catastròfica com el que hauria produït el Diluvi. El tema dels fòssils va atreure poderosament l'atenció de Leonardo però no publicà res en vida. Tenia pensat incloure'l en un tractat que no acabà (Cutler, 2003).

## ELS GEÒLEGS DILUVISTES

Al segle XVII els geòlegs anglesos estan immersos en el que Sequeiros (2003) anomena el paradigma diluvista, en què el Diluvi juga un paper important en la formació de les roques i del modelat terrestre. Com ja hem comentat abans, les idees d'Steno varen impregnar el pensament dels naturalistes anglesos que sovint el mencionen, encara que de vegades per atacar-lo. Entre els primers naturalistes anglesos que tracten el tema dels fòssils podem destacar Martin Lister i John Ray, als que Steno havia conegut a Montpeller.

Martin Lister (1639-1712) era metge de professió, havia descrit nombroses conquilles que havia interpretat correctament com a objectes semblants a animals, encara que no interpretà que tenguessin origen orgànic, sinó com a producte d'una *vis plastica*. Robert Hooke (1635-1712) fou un dels membres més coneguts de la *Royal Society* i un dels primers en observa fòssils al microscopi (Sequeiros, 2003). Encara que defensava l'origen orgànic dels fòssils, les seves argumentacions eren més de tipus teleològic. Per exemple la semblança era una conquilla fòssil i una vivent només podia incorporar-se a un món ben dissenyat si havia servit a un animal vivent. Per altra part John Ray (1627-1705) recull les idees modernes sobre els fòssils i a més observa el fet que molts fòssils no semblaven correspondre a organismes que actualment poblassin la Terra. La hipòtesi que s'haguessin extingit li semblava escandalosa i contrària a la perfecció del món creat per Déu. Pensava que segurament sobreviuen en algun lloc incògnit de la Terra. Per altra part creia que alguns fòssils, com els ammonits, eren simples productes inorgànics.

Entre els naturalistes i teòlegs de finals del segle XVII, que defensaven la idea del Diluvi com a mecanisme per explicar el modelat terrestre i les roques sedimentàries destaquen Thomas Burnet (1635?-1715), John Woodward (1665-1728) i William Whiston (1667-1752).

Com senyala Gould (1987) la teoria de la Terra escrita en el llibre *Telluris Theoria Sacra* (1681) de Thomas Burnet és una síntesi perfecte entre la idea del temps geològic cíclic i el temps lineal, basat en l'escatologia cristiana. Per Burnet el Diluvi Universal ocupa un lloc central en la formació del relleu terrestre. Aquest autor comença amb una qüestió que no pot ser contestada fàcilment: com va poder sorgir aigua suficient per inundar tota la Terra? Fent un càlcul senzill es pot veure que no hi ha a la Terra aigua per cobrir totes les muntanyes terrestres. Burnet pensa que l'aigua va venir de sota de la superfície terrestre i no de dalt. Això podia ser justificat apel·lant a la mateixa Bíblia, ja que en el relat del Diluvi es menciona que en aquest s'uniren les aigües de sobre (provinents del Cel) i les de sota (provinents de l'abisme), i al final del Diluvi, Déu tancà les rescloses del Cel i les de l'abisme. Segons Burnet, davall de l'escorça sòlida hi ha aigua líquida (aquesta idea ja es trobava en Descartes), al trencar-se s'alliberà una gran quantitat d'aigua que inundà la Terra i deixà un munt d'estructures que formen



les muntanyes. Des del Diluvi, segons Burnet, només ha actuat l'erosió per aplanar les muntanyes.

Un altre autor molt influent que defensà el paradigma diluvista fou John Woodward en la seva obra *An Essay toward a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies, especially Minerals*, publicada al 1695. Per Woodward els fòssils eren restes d'organismes antediluvians. Segons Woodward en el moment del Diluvi totes les matèries sòlides, fins i tot les restes de sers vius, es posaren en suspensió i es dipositaren lentament en ordre al seu pes específic. Per a Woodward totes les capes es formaren com a conseqüència del Diluvi. La influència d'Steno en Woodward és molt marcada, fins al punt que alguns dels seus crítics li retreien que alguns dels passatges de la seva obra estaven copiats descaradament del llibre del danès.

Finalment Whiston, a l'obra titulada *A New Theory of the Earth* publicada al 1696, remarcava la possible influència dels cometes en les catàstrofes naturals que havia patit la Terra, i en especial en el Diluvi. Segons Whiston la Terra tenia una escorça sòlida a davall de la qual hi havia un interior aquós. El pas proper d'un cometa, que Whiston identifica amb el cometa Halley podria haver trencat l'escorça terrestre i permès la sortida de les aigües inferiors. Aquest esdeveniment catastròfic es podria haver donat, segons aquesta teoria, al 2342 aC. Altres efectes produïts pel pas proper de cometes podrien haver estat el canvi en la inclinació de l'eix de la Terra i el desplaçament dels pols. Segons Whiston la Terra podria haver estat un cometa en el seus orígens.

Segons Sequeiros (2003) la teoria diluvista, que fou molt influent en el seu temps, suposà un obstacle per establir l'escala del temps geològic.

Encara guardam termes que ens recorden el temps en què el paradigma diluvista era predominant. El terme antediluvià, encara que és totalment obsolet, es pot trobar ocasionalment aplicat als dinosaures i altres fòssils.

## LA INFLUÈNCIA GEOLÒGICA D'STENO A LEIBNIZ

El filòsof i matemàtic Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) fou un dels principals seguidors d'Steno. Va escriure una obra geològica al 1690 que no es va publicar fins al 1749 amb el títol de *Protogaea*, però mentre al 1693 publicà un resum de la seva teoria de la Terra (Sequeiros, 2003). En aquesta teoria recull algunes idees de Descartes segons les quals la Terra és un astre refredat. Aquest model d'astre refredat fou seguit posteriorment per Buffon al segle XVIII. Segons Leibniz la Terra sofreix inundacions periòdiques, en les quals es dipositen sediments, encara que no queda clara la causa de les inundacions. El Diluvi bíblic només seria un episodi de tants.

## LES IDEES SOBRE L'INTERIOR DE LA TERRA AL SEGLE XVII I POSTERIOR

Sequeiros (2003) i Ellenberger (1994) resumeixen les idees que es tenien sobre l'interior de la Terra de la següent manera:

- El globus terrestre està buit per dins.
- El globus rocós està buit però omplit amb un líquid més o menys dens.
- El globus rocós està buit però omplit amb un fluid com l'aire.
- El globus terrestre està ple per dins.
- L'interior de la Terra és sòlid, i més o menys homogeni.
- L'escorça terrestre és sòlida amb un interior format per un material rocallós més o menys fus.
- El globus terrestre es troba parcialment buit.
- L'interior terrestre està travessat per canals, cavitats i cavernes.

Sequeiros (2003) entén que aquestes idees no són excloents, ja que alguns autors defensen parcialment vàries d'aquestes.

La primera d'aquestes idees (la terra buida i omplida per un fluid aquós) és la que Sequeiros (2003) considera la més clàssica ja que es poden trobar antecedents en el *Gran Abisme Biblic*. Encara que podem trobar el precedent de Descartes (1644), els autors més representatius serien Burnet (1681), Woodward (1695) i Whiston (1696). Aquest darrer defensava que l'escorça *surava* sobre el líquid interior (Sequeiros, 2003).

Quant a la idea que la Terra era buida i contenia un fluid similar a l'aire, cal destacar el treball d'Edmond Halley (1656-1742) (Ellenberger, 1994). Aquest famós astrònom, reconegut especialment per aplicar les teories de Newton a les òrbites dels cometes i explicar que el cometa vist a l'any 1682 era el mateix que havia aparegut al 1607 i al 1531, i que apareixia cada 76 anys. En honor a aquest descobriment el cometa rep el nom de Halley. En un treball publicat l'any 1692 a *Philosophical Transactions*, titulat *An Account of the Cause of the Change of the Variation of the Magnetic Needle* arriba a la conclusió que degut a les irregularitats del camp magnètic terrestre, aquest està format per la combinació de diversos camps magnètics. Per explicar-ho suposa que la Terra està formada per tres esferes buides concèntriques amb un nucli sòlid. Cada una d'aquestes esferes té el seu propi camp magnètic i la seva pròpia rotació, cosa que explicaria les aparentment irregulars variacions del camp magnètic terrestre. En un treball posterior (*An Account of the Late Surprising appearance of the Lights Seen in the Air, on the Sixth of March Last; with an Attempt to Explain the Principal Thereof*) publicat al 1716 a *Philosophical Transactions* postulà que l'atmosfera interior potser era lluminosa i que en escapar-se podia originar les aurores boreals. Deia que el fet que fossin més freqüents a prop del pol nord podia ser degut a una gruixa

menor de l'escorça en aquest lloc, cosa que facilitava la fugida del gas luminescent.

De Camp i Ley (1952) diuen que el famós matemàtic Leonhard Euler (1707-1783) proposà una Terra buida amb un sol interior de 1000 km de diàmetre. En realitat Euler realitzà un experiment mental (Lienhard, 2007), és a dir, seria com plantejar la pregunta: si suposàssim que la Terra fos buida, que passaria al seu interior? De Camp i Ley (1952) també diuen que el matemàtic i físic escocès John Leslie (1766-1832), conegut principalment pels seus estudis sobre la calor, desenvolupà la teoria d'Euler i fou el que suggerí l'existència de dos planetes interiors anomenats Plutó i Proserpina, que són citats per Axel a l'obra. Leslie efectivament, menciona la possibilitat d'una Terra buida a l'obra *Elements of Natural Philosophy* (1829), en què creu que el seu interior està format per un fluid imponderable, que pensa que només pot ser la llum mateixa. Encara que Leslie no fa referència als astres interiors.

Una altra idea molt estesa al segle XVII i posteriorment és que la Terra era parcialment buida (Ellenberger, 1994). Així doncs contendria una gran quantitat de conductes i caveres, que podien assolir grans dimensions. Aquesta idea ja es troba en el pensament pagà de Plató i Virgili (Sequeiros). Al segle XVII tindrà seguidors com Descartes (1644), Hooke (1668), Kircher (1664) i Woodward (1695). Al segle XVIII es troba en l'obra de James Hutton, de la qual en parlarem en notes futures.

L'interior de la Terra sòlid té com a seguidors al segle XVII a Varenius (Bernhard Varen, 1622-1650), considerat el pare de la geografia física (Ellenberger, 1994). Al 1650 publicà un llibre titulat *Geographia Generalis, in qua affectiones generales telluris explicantur* en què defensava la fermentació mineral com a la causa de la formació dels jaciments metal·lífers i la fermentació de vapors com a la causa dels terratrèmols. Aquest procés de fermentació de les roques també era defensat per Paracels i ridiculitzat per Kircher. Al segle XIX hi havia molts d'autors que pensaven que la Terra era sòlida segurament com a reacció a pensar que la idea del foc central es basava en una hipòtesi precientífica. Anguita (1988) anomena a aquest fet la llei del pèndol. La idea que la Terra havia de ser sòlida, i que per tant no es podien donar corrents de convecció al mantell terrestre, juntament amb la que tota la calor provenia del moment de la formació de la Terra, dugueren al físic Lord Kelvin a finals del segle XIX a rebutjar la enorme durada del temps geològic, i a enfrontar-se amb els naturalistes com Lyell i Darwin, que necessitaven molt de temps per poder explicar l'evolució de la Terra i de la vida.

La darrera de les hipòtesis sobre l'interior de la Terra (Sequeiros, 2003) és la de l'interior de la Terra parcialment buit, defensat per Kircher (1664) i parcialment per Steno (1669). El concepte de Hutton de món màquina també segueix aquesta idea.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Alsina, J. (2006). *Historia de la geología: una introducción*. Editorial Montesinos. 230 pp.
- Anguita, F. (1988). *Origen e historia de la Tierra*. Editorial Rueda. Madrid 525 pp.
- Asimov, I. (1965). *A Short History of Chemistry. An Introduction of the Ideas and Concepts in Chemistry*. Doubleday & Co., Inc. New York. [Versió en castellà: Asimov, I. 1975. *Breve historia de la química*. Alianza Editorial. Madrid. 267 pp.]
- Cutler, A. (2003). *The Seashell on the Mountaintop*. Dutton. Nova York. 240 pp.
- De Camp, L.S. i Ley, W. (1952). *Lands Beyond*. Rinehart & Company. Nova York. 329 pp.
- Duque, J. (2002). *La edad de la Tierra: evolución cronológica de una controversia en referencia a sus principales protagonistas*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 10(2): 151-161.
- Ellenberger, F. (1988). *Histoire de la géologie. Tome I. Des anciens à la première moitié du XVIIe siècle*. Technique et Documentation - Lavoisier. París. 352 pp.
- Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la géologie. Tome II. La grande éclosion et ses prémices, 1660-1810*. Technique et Documentation - Lavoisier. París. 384 pp.
- Gould, S.J. (1981). *The titular bishop of Titiopolis*. Natural History. 90: 20-24.
- Gould, S.J. (1987). *Time's Arrow. Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time*. Harvard University Press. 222 pp. [Versió en castellà: Gould, S.J. (1992). *La flecha del tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. Alianza Universidad. Madrid. 232 pp.]
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago. Primera edició (hi ha dues edicions més de 1970 i de 1996). [Edició en castellà: Kuhn, T.S. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México. 319 pp.]
- Lienhard, J.H. (2007). *Euler and Hollow Earth: Fact or Fiction? How Euler Did It*, by Ed Sandifer. Mathematical Association of America. MAA Online.

- Leibniz, G.W. (1749.) *Protogaea*. Gotinga. [Edició en castellà: Leibniz, G.W. (2006.) *Protogaea* (traducció introducció i notes d'Evaristo Álvarez Muñoz). KRK Ediciones. Oviedo. 381 pp.]
- Leslie, J. (1829). *Elements of Natural Philosophy: Including Mechanics and Hydrostatics*. Oliver and Boyd. Edinburg. 486 pp.
- López, J.M. (2000). *Breve historia de la medicina*. Alianza Editorial. Madrid. 251 pp.
- Mosterín, J. (2006). *Aristóteles*. Alianza Editorial. Madrid. 378 pp.
- Porter, I.H. (1963). *Thomas Bartholin (1616-80) and Niels Steensen (1638-86) Master and Pupil*. *Medical History*. 7(2): 99-125.
- Sequeiros, L. i Pedrinaci, E. (1999). *De los volcanes de Kircher a la Gaia de Lovelock*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 7(3): 187-193.
- Sequeiros, L. (2003). *Las raíces de la geología. Nicolas Steno, los estratos y el diluvio universal*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 10(3), 217-242.
- Sequeiros, L. i Pelayo, F. (2005). *Las raíces de la geología: el Canis carchariae de Nicolás Steno*. *Llull*, 28(61): 209-243.
- Sequeiros, L. i Pelayo, F. (2011). *Nicolás Steno, los estratos y el Diluvio universal. Un encuentro entre ciencia y religión en el siglo XVII*. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. 170 pp.
- Steno, N. (1669). *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florència. [Versió en castellà (traducció a càrrec de Leandro Sequeiros): Steno, N. (2003). *Pródromo a una Disertación sobre un cuerpo rocoso sólido contenido de forma natural dentro de otro cuerpo rocoso sólido*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 10(3): 245-282].
- Simpson, G.G. (1985). *Fósiles e historia de la vida*. Biblioteca Scientific American, Prensa Científica, Editorial Labor. Barcelona. 240 pp.



# Lavoisier: la revolució química francesa

Antoni Salvà

---

Salvà, A. (2016). Lavoisier: la revolució química francesa. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 123-146. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Es descriuen les aportacions a la química del químic francès Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) que, amb un innovador mètode de treball que emprava la llei de conservació de la massa i amb un instrumental la qual precisió no podia assumir econòmicament cap altre químic del seu temps, revolucionà la química els anys anteriors a la revolució francesa. Gràcies a la seva nova interpretació de les reaccions dels gasos, estudiats pels científics britànics, descobrí que l'aire era una mescla d'oxigen i nitrogen i no un principi elemental; demostrà que l'aigua no era un principi elemental i que estava formada per oxigen i hidrogen; identificà l'oxigen, el nitrogen i l'hidrogen com a nous elements químics; explicà la combustió com una reacció amb l'oxigen de l'aire, i també la calcinació dels metalls; observà que la respiració dels animals era un procés de combustió dels aliments; definí clarament el concepte d'element químic com a substància que no es pot descompondre més; escriví la primera equació química; reformà la nomenclatura química; i, en definitiva, posà els fonaments per a que la química es convertís en una eina pel progrés humà del segle XIX.

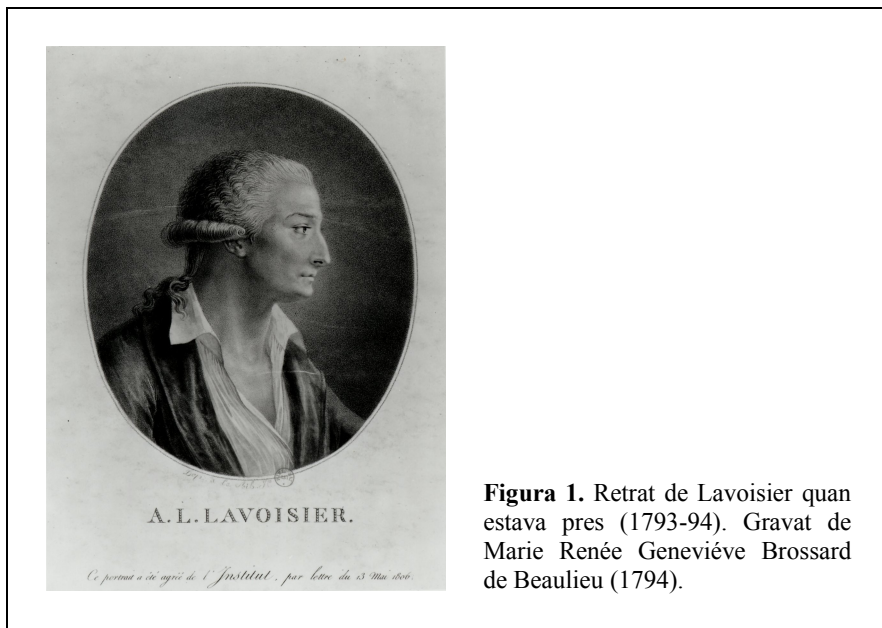
## INTRODUCCIÓ

**E**n la famosa *Encyclopédie* de mitjans del segle XVIII en l'article *Chimie* s'afirmava que la necessitat d'una gran quantitat de coneixement pràctics, la llarga duració de les experiències químiques i les dures exigències

del treball en el laboratori, que donava lloc a gran despeses, l'escàs reconeixement social i no pocs perills, havia conduït a difondre la idea que el gust per la química era una passió de bojos, els químics formaven un poble distint, molt poc nombrós, amb la seva llengua, les seves lleis, els seus misteris, quasi aïllat, en mig de gent poc encuriosida per conèixer les seves activitats, que no esperaven res del seu art (Bertomeu i García, 2006). Per altra banda, si hom intentà actualment llegir un llibre de química escrit abans d'aquell temps no entendria quasi res, les substàncies tenien noms misteriosos, les experiències de laboratori estaven escrites en un llenguatge obscur que fa difícil reproduir-les i les teories són més fantàstiques que científiques.

En acabar el segle XVIII la situació havia canviat radicalment fins al punt que un autor d'aquells anys afirmà que la química s'havia convertit en l'ídol davant del qual s'agenollaven persones de tota condició (Bertomeu i García, 2006). Els llibres escrits a partir de finals del segle XVIII hom pot llegir-los perfectament, les substàncies tenen noms que segueixen el mateix sistema de nomenclatura actual, els experiments descrits es poden reproduir amb facilitat i hom reconeix les teories emprades.

És clar, per tant, que a finals del segle XVIII hi hagué una revolució química, i aquesta revolució química l'encapçalà un científic francès, Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) (Fig. 1) que, amb les seves idees canvià el món. En aquest article s'expliquen les aportacions més destacades que va fer a la química, precedides d'una cronologia de les fites més destacades de la seva vida.



**Figura 1.** Retrat de Lavoisier quan estava pres (1793-94). Gravat de Marie Renée Geneviève Brossard de Beaulieu (1794).



## CRONOLOGIA

El pare de Lavoisier, Jean-Antoine Lavoisier (1713-1775), era advocat a Villers-Cotterêts, un municipi francès, situat al departament de l'Aisne i a la regió de Picardia. El 1740 es traslladà a París per a succeir, el 1741, a un dels seus oncles en el càrrec de procurador del parlament francès. Un any després es casà amb Emilie Punctis i el 26 d'agost de 1743 naixia el seu primer fill, Antoine-Laurent, que fou batiat a l'església de Saint Merry. Cinc anys després, 1748, morí la seva mare i Antoine-Laurent, juntament amb la seva germana Marie-Marguerite-Emilie (1745-1760) es traslladaren primer a la casa de la seva àvia, Madame Punctis, i després amb el seu pare a una nova casa situada en l'actual zona de les Halles, a la rue Vauvilliers. És en aquesta casa on Lavoisier realitzà les primeres experiències científiques, observacions baromètriques (Beretta i Scotti, 2009).

L'octubre del 1754 Lavoisier entrà al Col·legi Mazarin o *Collège des Quatre Nations*, actualment seu de l'Institut de França. El 1760 assistí al curs de matemàtiques i física impartit per l'astrònom l'abat Nicolas-Louis de Lacaille (1713-1762) i el 1761 realitzà observacions astronòmiques al seu observatori. El mateix any assistí al curs de física experimental de l'abat Jean-Antoine Nollet (1700-1770) (Pellón, 2002).

Finalitzats els seus estudis al Col·legi Mazarin entrà el 1761 a La Sorbone per a començar el seus estudis de dret, seguint la tradició familiar. Però se sentia més atret per la ciència i assistí al curs de química de Guillaume-François Rouelle (1703-1770), al *Jardin du Roi* o Jardí de plantes medicinals, una de les més importants institucions científiques franceses. Realitzà en aquests anys les primeres observacions meteorològiques i baromètriques. El 1763 començà a col·laborar amb el geòleg Jean-Étienne Guettard (1715-1786) el qual l'inicià en la química, entesa com una ciència al servei de la mineralogia (Pellón, 2002). Entre el maig i l'agost de 1763 realitzà la primera expedició geològica amb Bernard de Jussieu (1699-1777), també professor del *Jardin du Roi*, a Villers-Cotterêts i a Saint-Germain-en-Laye, a la regió Île-de-France. El setembre rebé el títol de batxiller en dret. El 24 d'octubre observà un aurora boreal a Villers-Cotterêts i elaborà el seu primer informe científic (Beretta i Scotti, 2009). Seguí amb nombroses expedicions geològiques i el 1764 es llicencià en dret.

El 1765 elaborà el seu primer treball científic que presentà a l'*Académie des Sciences* el 27 de febrer, *Extrait de deux mémoires sur le gypse* (Comité Lavoisier). Es tracta d'un estudi sobre el guix on feia l'observació que el guix cristal·litzat i el guix en pols només es diferenciaven en el que Rouelle denominava aigua de cristal·lització, i que ambdues substàncies es podien transformar l'una en l'altra simplement per guany o pèrdua d'aigua (Pellón, 2002). L'any 1766, als 23 anys, presentà un projecte per enllumenar París, *Sur les différents moyens qu'on peut employer pour éclairer une grande ville* (Comité Lavoisier), que obtingué una distinció especial del rei Lluís XV (1710-1774) per ser el millor estudi teòric del tema. Seguí amb les expedicions

geològiques per diversos indrets de França. El 1767 amb Guettard realitzà una expedició a la serralada dels Vosges, paral·lela al Rin per la seva riba esquerra durant cinc mesos, on realitzaren estudis per a confeccionar un mapa geològic i mineralògic, i efectuaren nombrosos anàlisis d'aigües minerals (Beretta i Scotti, 2009).

El març de 1768, gràcies a una herència familiar, comprà una acció de la *Ferme Générale* com adjunt de François Baudon, una empresa privada contractada pel govern francès per recaptar els impostos indirectes (sal, tabac, begudes,...) i per fer respectar els monopolis estatals respecte al contraban. El 1768 mor Théodore Baron deixant lliure una plaça de químic adjunt a l'*Académie des Sciences*. Lavoisier des de feia dos anys figurava en un llistat de candidats. Amb el suport dels amics del seu pare, l'astrònom Giacomo-Domenico Maraldi (1709-1788), Henri-Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), Bernard de Jussieu (1699-1777), Pierre-Joseph Macquer (1718-1784) i Joseph-Jerôme de Lalande (1732-1807) aconseguí el primer lloc en vots<sup>1</sup>. El primer de juny de 1768, prengué possessió de la plaça de químic adjunt supernumerari i no deixarà l'*Académie* durant els 25 anys següents. Fou una institució que influí decisivament en la vida de Lavoisier: li inspirà temes, li atorgà autoritat i li oferí una tribuna on exposar les seves investigacions (Pellón, 2002).

El 16 de desembre de 1771, als 28 anys, es casà amb la filla de Jacques Paulze, director de la companyia d'Índies i de la *Ferme Générale*, Marie-Anne-Pierrette Paulze (1758-1836) (Fig. 2), de 14 anys. Marie-Anne aprengué llatí i anglès i traduí obres de l'anglès al francès d'importants científics com ara Joseph Priestley (1733-1804), Henry Cavendish (1731-1810) i Richard Kirwan (1733-1812); també estudià dibuix amb el pintor Jacques-Louis David (1748-1825)<sup>2</sup> la qual cosa li permeté posteriorment il·lustrar les obres de Lavoisier. Gràcies al seu sogre, Lavoisier tenia accés a alts funcionaris, ministres i estadistes. El seu pare acabava de comprar l'ofici de Conseller-Secretari del rei, casa, hisenda i corona de França, que els donava el dret d'emprar la partícula *de* en el seu llinatge, amb caràcter hereditari. Amb aquesta posició, podia dedicar-se amb més intensitat als estudis científics i no ho desaprofita (Pellón, 2002). El 1774 publicà els *Opuscules physiques et chimiques*, el seu primer llibre (Comité Lavoisier).

---

1 Els dos candidats que reberen més vots, Lavoisier i l'enginyer de mines Gabriel Jars (1732-1769), quedaren a molts pocs vots l'un de l'altre i el rei havia de decidir. Optà per Jars pels serveis realitzats. Tanmateix es creà una plaça de químic adjunt supernumerari per a Lavoisier, un procediment irregular.

2 Jacques-Louis David (1748-1825) fou un destacat pintor francès d'estil neoclàssic considerat el més prominent pintor de l'època. Obres seves són *El jurament dels Horacis* (1784), *La intervenció de les sabines* (1796-1799), *Napoleó creuant els Alps* (1801), *La coronació de Napoleó*, (1806) i *Retrat de Lavoisier i la seva esposa* (1788).

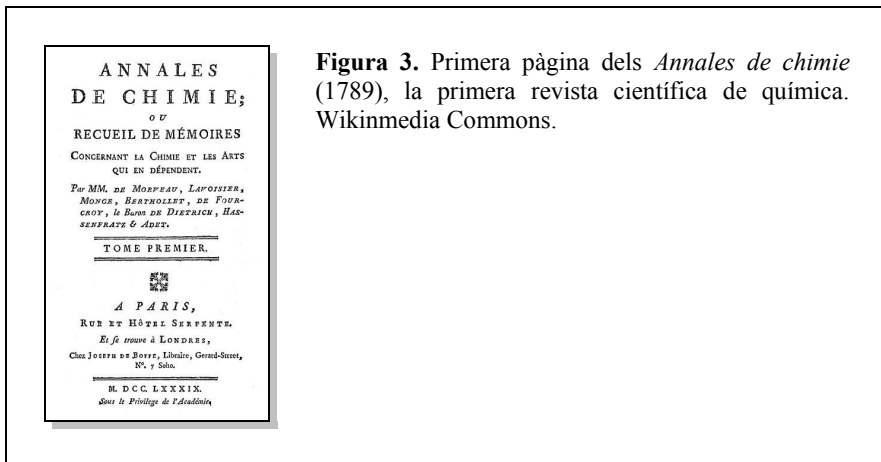


**Figura 2.** Retrat del Senyor de Lavoisier i la seva dona. Jacques-Louis David (1788). Museu Metropolità de Nova York. Wikimedia Commons.

L'any 1775 fou nomenat director de la Companyia Estatal de Pòlvores i Salnitres (un dels quatre). Una de les seves tasques fou solucionar el problema de la manca de pólvora. S'instal·là a l'Arsenal, devora la presó de *La Bastille*, i hi muntà el seu laboratori que era el més ben equipat del seu temps ja que Lavoisier hi gastava importants quantitats de doblers que aconseguia de les seves rendes de la *Ferme Générale* (l'equivalent a prop d'un milió d'euros actuals anuals). La jornada laboral de Lavoisier començava de 6 a 8 del matí al laboratori; després realitzava treball administratiu la resta del dia, i tornava al laboratori de 19 a 22 hores. Els caps de setmana els dedicava completament a la química. Per tant podríem dir que era un químic afeccionat. Emprava instruments científics molt sofisticats que no podien aconseguir d'altres investigadors per manca de pressupost. Al final de la seva vida tenia uns 13 000 aparells de química al laboratori per un valor d'uns 400 000 € actuals (Pellón, 2002).

L'abril de 1775 presentà davant de l'*Académie* una memòria sobre la importància de l'oxigen en el procés de calcinació dels metalls. El 1779 completà la seva teoria de l'acidesa, la de l'estat gasós i inicià els estudis sobre la respiració animal. Entre els anys 1781-83 descobrí la naturalesa composta de l'aigua. Estudià la calor juntament amb Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) i refutà públicament la teoria del flogist (Beretta i Scotti, 2009). El 1787 amb 3 col·laboradors publicà el *Méthode de nomenclature chimique* (Comité Lavoisier). Es convertí en representant electe del tercer estat (la burgesia) en l'Assemblea Provincial d'Orleans. El 1789, any de la Revolució francesa, publicà la seva obra més important *Traité élémentaire de chimie* (Comité Lavoisier). Juntament amb set col·laboradors fundà la revista *Annales de*

*chimie*<sup>3</sup> (Fig. 3). El 1791 abandonà la Companyia Estatal de Pólvores i Salnitres en ser nomenat tresorer de l'*Académie des Sciences*. El 1792 inicià l'elaboració de les *Mémoires de chimie*, any en què s'abolí la monarquia, els antimonarquics radicals (els jacobins) van prendre el control proclamant la República a França i perseguint els dirigents de la *Ferme Générale* (Beretta i Scotti, 2009).



**Figura 3.** Primera pàgina dels *Annales de chimie* (1789), la primera revista científica de química. Wikimedia Commons.

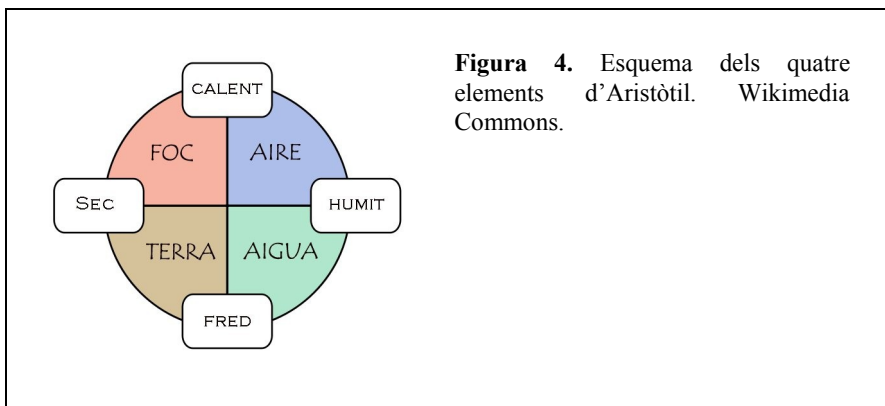
El 1793 Lluís XVI (1754-1793) i Marie-Antoinette (1755-1793) foren guillotinat i les Acadèmies clausurades. Lavoisier fou retirat del seu laboratori i, més tard, arrestat. Quan adduï que era un científic i no un recaptador d'imposts (cosa que no era del tot certa), l'oficial que el va arrestar contestà amb la frase: «*la República no necessita científics*». El judici fou una farsa, on Jean-Paul Marat (1743-1793), un científic i poderós cap revolucionari que no havia aconseguit entrar en l'*Académie*, acusà Lavoisier d'haver participat en complots absurds i demanà la seva mort. Marat fou assassinat el juliol de 1793, però el mal ja estava fet, Lavoisier fou guillotinat juntament amb el seu sogre i altres *fermiers* a l'actual plaça de la Concorde, el 8 de maig de 1794, als 50 anys i el seu cos fou enterrat en una fossa comuna al cementiri de la Madeleine<sup>4</sup> (Pellón, 2002).

3 Annals: Relació d'esdeveniments, per anys, que es publiquen periòdicament. Els *Annales de Chimie* se segueixen publicant en l'actualitat amb el nom d'*Annales de Chimie - Science des Matériaux*.

4 El lloc on hi havia aquest cementiri actualment està ocupa per una zona verda, l'illa Louis XVI, amb una capella expiatòria a la memòria de Louis XVI i Marie-Antoinette, al districte 8è de París.

## ELS QUATRE ELEMENTS D'ARISTÒTIL

En la teoria de la matèria de l'escola aristotèlica hi ha quatre elements que formen el món sensible (aire, aigua, terra i foc), però no són pas matèries primeres; són només els aspectes d'una substància única, la qual pot prendre formes diferents segons les qualitats fonamentals que l'afecten. Aquestes qualitats, fred, calent, sec i humit, es poden combinar per parelles, excepte fred-calent i sec-humit. Quan aquesta matèria primera presenta la qualitat fred-sec és l'element terra; fred-humit és l'element aigua; calent-humit, l'element aire; i calent-sec, l'element foc. Poden transformar-se l'un en l'altre de manera circular (Fig. 4), per exemple, la qualitat calent-humit no pot transformar-se directament fred-sec, ha de passar per fred-humit (Fauque, 2003).



Durant l'Edat Mitjana els alquimistes consideraren els metalls com a cossos composts formats per dues qualitats-principis comuns, el mercuri, que representava el caràcter metàl·lic i la volatilitat, i el sofre que posseïa la propietat de la combustibilitat. Amb el temps s'afegí la sal, que tenia la propietat de la solidesa i la solubilitat. Aquests tres elements o principis, la *tria prima*, substituïren als quatre elements aristotèlics durant l'Edat Mitjana. En el segle XVI Paracels (1493-1541) creà la iatroquímica, predecessora la l'actual quimioteràpia. Alguns dels seus seguidors, com ara Jan Baptist van Helmont (1580-1644) s'oposaren a la teoria d'Aristòtil (384 aC-322 aC) eliminant el foc i la terra com a principis. Ja en el segle XVII Georg-Ernst Stahl (1659-1734) reconeix dos principis, l'aigua i la terra. D'aquesta n'hi ha de tres tipus: terra vitrificable, que proporciona als minerals el seu pes; la terra flogística, lleugera i inflamable; i la terra mercurial o metàl·lica, que dona als metalls la seva maleabilitat i brillantor (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997).

Els químics de mitjans del segle XVIII seguien acceptant la teoria dels quatre elements d'Aristòtil en alguna de les seves variants. Guillaume-François Rouelle (1703-1770), el professor de química de Lavoisier, definia els elements o principis al seu *Cours de Chymie* de la mateixa manera que ho

feia Aristòtil: «*cossos simples, homogenis, indivisibles, immutables i insensibles, més o manco mòbils segons els diferents tipus, mides, masses, que es diferencien pel seu volum i per la seva forma. És impossible trobar-los aïllats i separats d'altres, excepte si són reunits en una gran quantitat numèrica; és impossible descobrir la seva forma particular i és ridícul intentar-ho com han fet molts de físics. El què es pot tenir per segur, és que són pocs i que les seves combinacions són suficients per formar tots els cossos de la natura. Hi ha quatre principis o elements: el flogist o foc, la terra, l'aigua i l'aire*». El químic Pierre-Joseph Macquer, membre de l'*Académie* i professor de química del *Jardin du Roi*, també era un defensor de la teoria dels quatre elements (Poirier, 1993).

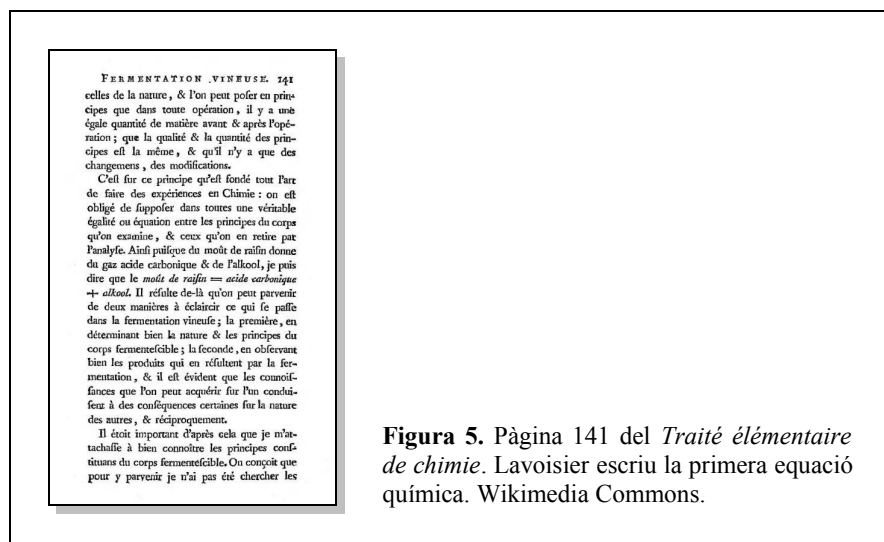
El 1771 la majoria dels químics acceptaven la teoria dels quatre elements malgrat no tots estaven d'acord amb la possibilitat de la transmutació, és a dir, en la possibilitat de canviar d'identitat els metalls, per exemple plom en or que tenien densitats semblants, mitjançant alguna tècnica de laboratori que modifiqués les qualitats fonamentals dels cossos, la qual cosa variaria les proporcions dels quatre elements i s'aconseguiria una transmutació. Algunes observacions fetes per destacats científics, com Robert Boyle (1627-1791), Johann-Theodor Eller (1689-1760) i Andreas-Sigismund Marggraf (1709-1782), confirmaven aquesta hipòtesi (Bertomeu i García, 2006). Químics com ara Johann-Gottschalk Wallerius (1709-1785) o Rouelle, creien en la transmutació dels metalls, com ho havien fet els antics alquimistes. En el seu *Cours de Chymie*, Rouelle deixa un lloc per a les idees de l'antiga alquímia: «*Els químics comuns posen en dubte la veritat dels principis d'aquesta ciència, però no poden ser jutges en un assumpte que és totalment desconegut. [...] Jo no vull dubtar del testimoni dels grans homes que van afirmar haver vist transmutacions, m'agradaria veure algú per completar la destrucció d'alguns dubtes que tinc encara, però no aconsellaria a ningú temptar treballs tan dispendiosos per la incertesa on s'és èxit, a falta d'un guia segur per portar-se en una operació que no s'ha conservat més que per tradició*». Així mateix el 1783, després dels treballs de Lavoisier, l'enginyer James Watt (1736-1819) encara pensava que l'aire es podia transmutar en aigua i viceversa. Fins i tot un científic suec Bengt Ferner (1734-1802), atribuïa a una transformació de l'aigua en terra la baixada del nivell de la mar des de l'origen de la Terra. Aquesta transmutació d'aigua en terra era acceptada per molts químics que, després de l'ebullició prolongada i l'evaporació d'aigua, observaven en la part inferior dels recipients on s'havia produït el procés un residu de terra. També hi havia un altre fenomen que feia pensar en la transmutació d'aigua en terra, el creixement dels vegetals. Científics importants, com Jan Baptist van Helmont o Robert Boyle havien estudiat la variació de massa durant el creixement dels vegetals i havien observat que la terra on estaven sembrats no reduïa de forma apreciable la seva massa mentre que el vegetal l'augmentava en una quantitat molt significativa. L'explicació era que l'increment de massa dels vegetals provenia de l'aigua de reg o de pluja i, com que els vegetals quan es cremaven produïen

cencre, doncs hi havia hagut una transmutació de l'aigua en terra (Poirier, 1993).

Però no tots els químics eren del mateix parer, Hermann Boerhaave (1669-1738) en els seus *Elementa chemiae*, Henri-Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) en la seva obra *Physique des arbres* i Jean Baptiste Le Roy (1720-1800), en una memòria a l'*Académie*, dubtaven de la transmutació de l'aigua en terra (Poirier, 1993).

## L'AIGUA NO ES TRANSMUTA EN TERRA

Lavoisier començà a interessar-se pel tema de la transmutació dels elements el 1766 després de llegir els treballs de Johann-Theodor Eller (1689-1760). L'octubre de 1768 decidí posar en marxa una experiència per aclarir el tema de la transmutació d'aigua en terra. Introduí una certa quantitat d'aigua dins d'un recipient anomenat pelicà, un alambí amb uns conductes que retornaven a la part inferior el vapor format en el procés. El pelicà estava hermèticament tancat i l'escalfà a ebullició durant cent-un dies sense cap



**Figura 5.** Pàgina 141 del *Traité élémentaire de chimie*. Lavoisier escriu la primera equació química. Wikimedia Commons.

interrupció. En acabar aquest temps pesà el conjunt, amb una balança de gran precisió, (Bertomeu i García, 2006) i observà que no hi havia hagut variació de pes, per la qual cosa el foc no incrementava la massa, com havia proposat Joseph-Justus Scaliger (1540-1609). Observà, també, el residu sòlid en el fons del recipient i el separà de l'aigua. Pesà residu, aigua i recipient per separat i descobrí que el pes de l'aigua no havia variat però que el pes del recipient havia disminuït en una quantitat igual a la del residu sòlid. Era evident que el

residu sòlid no provenia de l'aigua sinó de la lixiviació d'alguns components del vidre. Tanmateix no en realitzà un estudi qualitatiu per comprovar-ne la seva composició degut a que la quantitat de residu era massa petita per poder analitzar-lo amb els medis d'aquell temps (Pellón, 2002).

Comunicà aquesta investigació a l'*Académie* el 14 de novembre de 1770 en dues memòries que duen per títol *Sur la nature de l'eau et sur les expériences par lesquelles on a prétendu prouver la possibilité de son changement en terre* (Comité Lavoisier) i en les quals ja s'observa una part del mètode de treball que, finalment, es basarà en tres principis:

- Tota reacció química és una equació; aquesta igualtat és de naturalesa quantitativa; es verificada per la pesada dels reactius químics abans de la reacció i la dels composts obtinguts després d'haver tingut lloc la reacció. La primera equació química l'escriu al seu llibre *Traité Élémentaire de Chimie* (1789), a la pàgina 141 (Fig. 5), quan parla de la fermentació del raïm (Lavoisier, 1789). L'escriu així:

most del raïm = àcid carbònic + alcohol

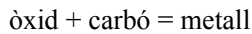
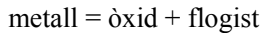
- La validesa d'una anàlisi química ha de ser validada per una síntesi que produeixi els composts analitzat a partir dels seus constituents (Poirier, 1993).
- La llei de conservació de la matèria és una llei matemàtica de valor general, aplicable a totes les ciències i no un simple concepte filosòfic. A química es verifica per l'ús sistemàtic de la balança. Aquesta llei era coneguda des de l'antiguitat, Anaxàgores de Clazomene, la formulà vers el 450 aC: «*Res apareix o desapareix, però les coses existents es combinen, després es tornen separar*». El 1630 Jean Rey (1583-1645), metge de Périgourdin, escriví en un assaig: «*El pes està estretament unit a la primera matèria dels elements que, passant-se'l els uns als altres, ells retenen sempre el mateix pes*». El 1678 l'abad Edme Mariotte (1620-1684) indicà al seu *Assaig de lògica*, «*És una màxima o regla natural que la naturalesa no fa res a partir de res i que la matèria no es perd*». Aquesta llei la formularà explícitament el 1789 Lavoisier en el seu *Traité Élémentaire de Chimie* (Poirier, 1993).

## LA TEORIA DEL FLOGIST

Aquesta teoria fou formulada per Johann-Joachim Becher (1635-1682) i desenvolupada per Georg-Ernst Stahl (1660-1734). El seu propòsit era



explicar la combustió i la calcinació<sup>5</sup> dels metalls. Aquests fenòmens, segons Stahl, tindrien l'efecte d'alliberar el principi inflamable i subtil en el contingut d'aquests materials: el *flogist*. La pèrdua de flogist transforma els metalls en calç (òxids de metall) amb propietats físiques molt diferents (brillantor, ductilitat, mal·leabilitat). Ara bé, aquesta és la manera, en forma d'òxids, que el metal·lúrgics obtenen de les mines els minerals metàl·lics. Per obtenir el metall pur, la teoria de Stahl diu que s'ha de tornar als òxids el flogist que han perdut els metalls. I en la pràctica aquesta operació és inversa a la calcinació, és a dir, s'ha de fer una reducció en presència de carbó (Poirier, 1993). Emprant les equacions químiques de Lavoisier ambdós processos es poden representar així:



La teoria de Stahl té l'avantatge de tenir en compte no només els fenòmens de la combustió i la calcinació, sinó també la reducció dels òxids, la dissolució dels metalls pels àcids, i fins i tot la respiració dels éssers vius. Però el seu major defecte és que és purament qualitatiu, no quantitatiu. Si es torna a calcinació per dur a terme el flogist contingut en un metall, cal observar una disminució del pes del producte resultant i no un augment. I en la realitat és justament al contrari: els productes de la calcinació dels metalls són més pesats que els metalls originals. Això ho explicava Stahl dient que el flogist feia més lleugers els cossos. L'augment de pes en les calcinacions era, en tot cas, una qüestió menor entre els químics als quals no els preocupava en excés que la massa dels òxids fos superior a la dels metalls encara que es perdés flogist durant la transformació (Poirier, 1993).

Els químics contemporanis de Lavoisier eren defensors de la teoria del flogist.

- Macquer, en la segona edició del seu *Dictionnaire de chymie* publicat el 1778, defensa la realitat material del flogist i s'oposa als filòsofs que el consideren una quimera en base a que no es podia obtenir «lliure i pur en un recipient». Assimilava el flogist a la llum i el distingia de la calor, considerant aquesta com una simple vibració de les partícules sota la influència del flogist (Pellón, 2002).
- Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) suggeria que el flogist deixa el metall en la calcinació i se substitueix per aire, més pesat que ell i que el flogist tindria un pes negatiu (Poirier, 1993).
- Priestley el 1781 escalfà tetraòxid de triplom,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , amb carbó dins un recipient de vidre, i pogué extreure del carbó *aire inflamable*, és

<sup>5</sup> Calcinió: En aquest context la calcinió és un tractament a alta temperatura a què hom sotmet un metall per provocar-li una oxidació.

a dir hidrogen. Interpretà que havia aconseguit extreure el flogist del combustible, que després havia absorbit l'òxid de plom per després tornar al seu estat de plom metàl·lic, era la prova definitiva de l'existència del flogist en els metalls (Pellón, 2002).

- L'enginyer James Watt (1736-1819) el 1783 afirmava que l'aigua estava composta d'*aire deflogisticat* i *aire inflamable*, o flogist desproveït de part del seu calor latent (Bertomeu i García, 2006).

## LA CALCINACIÓ I LA COMBUSTIÓ ABSORBEIXEN AIRE

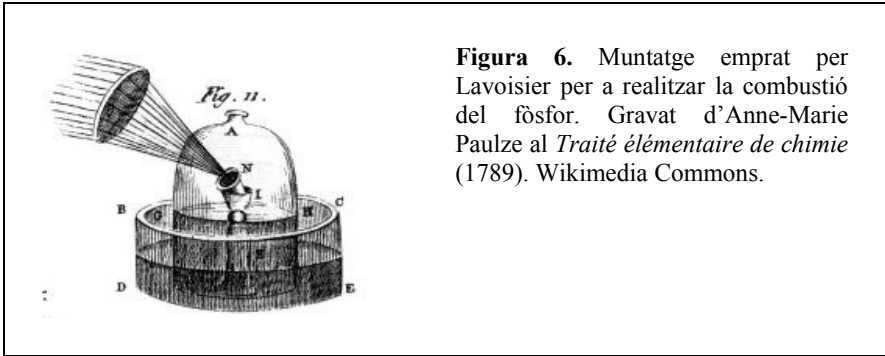
Lavoisier s'interessà per l'augment de pes en les calcinacions després de llegir la memòria de Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) titulada *Dissertació sobre el flogist*, publicada durant la primavera del 1772. En la memòria, Guyton considerava que l'augment de pes era un fenomen general i causat pel flogist. Però Lavoisier l'elevà a qüestió fonamental. El mes d'agost Lavoisier dissenyà un programa complet d'experiments. En un principi tenia pensat dur a terme un experiment amb plom, però necessitava un instrument, un *mirall ardent* (un mirall còncau per concentrar la llum), que hi havia a l'*Académie* però que no estava disponible en aquell moment. Esperant disposar d'aquest instrument redactà un informe sobre un treball del farmacèutic Pierre-François Mitouard (1733-1768) que suggeria l'absorció d'aire durant la combustió del fòsfor. El 10 de setembre Lavoisier comprà fòsfor a Mitouard amb la intenció de repetir els seus experiments (Bertomeu i García, 2006).

El 20 d'octubre de 1772 Lavoisier deposità davant el secretari de l'*Académie* un escrit amb varis treballs preliminars sobre la combustió del fòsfor (Fig. 6) on plantejava la hipòtesi que l'**aire era absorbit** durant la seva combustió, per la qual cosa el pes del producte era major que el pes inicial del fòsfor. El procés segons la teoria del flogist i segons la de Lavoisier es pot representar com:

Teoria del flogist: fòsfor = òxid + flogist

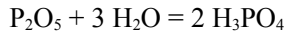
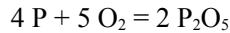
Teoria de Lavoisier: fòsfor + aire = òxid

Havia dipositat dins d'un flascó obert mig gram de fòsfor, ho pesà tot i ho introduí tot sota una campana de vidre; mitjançant una lent convergent concentrà la llum sobre el fòsfor, el qual cremà dins dels recipient produint pentaòxid de difòsfor,  $P_2O_5$ , que amb l'aigua donà àcid fosfòric,  $H_3PO_4$ . Al final de l'operació resultà que l'aire de la campana s'havia reduït en 0,3 litres i el pes del flascó havia augmentat 0,3 grams. Era clar que l'aire havia estat fixat pel fòsfor la qual cosa explicava l'augment de pes (Poirier, 1993).



**Figura 6.** Muntatge emprat per Lavoisier per a realitzar la combustió del fòsfor. Gravat d'Anne-Marie Paulze al *Traité élémentaire de chimie* (1789). Wikimedia Commons.

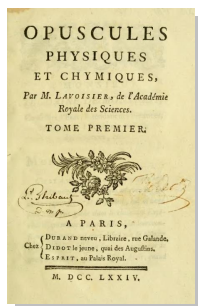
Les equacions químiques segons la notació actual són:



Però les seves investigacions requerien més rigor (Pellón, 2002). Els gasos no havien estat estudiats pels químics francesos però sí pels britànics, destacant els treballs de Robert Boyle, John Mayow (1645-1679), Joseph Black (1728-1799), Joseph Priestley i Henry Cavendish, treballs desconeguts per Lavoisier, que només coneixia els de Stephen Hales (1677-1761) sobre els nous mètodes de manipulació dels gasos recollits sota una campana tancada amb aigua. En aquest temps llegí les obres de Joseph Black i de Joseph Priestley, i en quedà impressionat (Bertomeu i García, 2006). Com que hi havia altres químics que estudiaven el mateix tema i ell volia dur-se'n la glòria del descobriment, Lavoisier lliurà al secretari de l'*Académie* un sobre lacrat l'1 de novembre de 1773, que no podia obrir-se, i en el qual explicava que havia realitzat experiments de combustió amb el sofre i que havia observat que també augmenta de pes en formar-se àcid sulfúric. També indicava que suposava que en la calcinació dels metalls passava el mateix i explicava que ho havia comprovat amb el plom i amb l'estany. Són fets que contradeien la teoria oficial del flogist de Stahl. El 5 de maig s'obrí el sobre lacrat. Segons Lavoisier aquesta carta representà l'inici de la revolució química com indicà en una sessió de l'*Académie* l'abril de 1773, però en ella encara no atacà la teoria del flogist. El setembre de 1773 realitzà els experiments davant els membres d'una comissió de l'*Académie*, la qual cosa serví per donar a conèixer els seus punts de vista a químics influents com Pierre-Joseph Macquer (1718-1784) (Bertomeu i García, 2006) i elaborà el seu primer llibre, *Opuscules physiques et chimiques* (Fig. 7), on tampoc atacà la teoria del flogist (Pellón, 2002).

## L'OXÍGEN ÉS ABSORBIT EN LA CALCINACIÓ I EN LA COMBUSTIÓ I ÉS EL GENERADOR DELS ÀCIDS

El febrer de 1774, Lavoisier seguí amb l'estudi de la calcinació dels metalls i la reducció dels seus òxids emprant carbó. Repetí experiments de Boyle que aquest havia fet cent anys abans però introduint un important canvi: **la mesura de les masses abans i després de la reacció**. Observà clarament que la massa no canviava si la reacció es realitzava en recipients tancats i que l'aire participava en les reaccions.



**Figura 7.** Portada del llibre *Opuscules physiques et chimiques* (1774). Wikimedia Commons.

L'òxid de mercuri (II), de color vermell, era un òxid difícil d'obtenir a partir del mercuri. Calia escalfar mercuri durant molt de temps (segons Macquer uns tres mesos) i a una temperatura de 350 °C, una vegada obtingut si se l'escalfava suauement per damunt dels 400 °C tornava a transformar-se en mercuri (Poirier, 1993). El químic francès Pierre Bayen (1724-1798) reduí l'òxid de mercuri (II) aplicant calor i emprant carbó. Segons ell s'obtenia un gas que era igual en els dos casos (Bertomeu i García, 2006). L'*Académie* nomenà un comitè encapçalat per Lavoisier per realitzar una investigació més exhaustiva. Fou en el mateix any 1774 que Joseph Priestley viatjà a París i informà Lavoisier i a altres membres de l'*Académie* que havia obtingut un nou tipus d'*aire* escalfant òxid de mercuri (II). El dia 1 d'agost realitzà els seus experiments davant els membres de l'*Académie*. Aquest nou aire (l'oxigen) facilitava la combustió molt més que l'aire de l'atmosfera (Bertomeu i García, 2006).

L'any següent, el 1775, Priestley publicà els seus resultats anomenant al nou gas, *aire desflogisticat*, ja que tenia molta tendència a llevar el flogist de les substàncies en les calcinacions i combustions que es produïen amb ell. Lavoisier repetí els experiments de Priestley i descobrí que:

- Si s'escalfava l'òxid de mercuri (II) amb carbó s'obtenia un gas que es dissolia fàcilment en aigua, provocava la mort dels animals,

apagava les candeles, precipitava l'aigua de calç i es combinava fàcilment amb els àlcals neutralitzant-los. Amb equacions químiques el procés és:

òxid de mercuri (II) + carbó = mercuri + diòxid de carboni

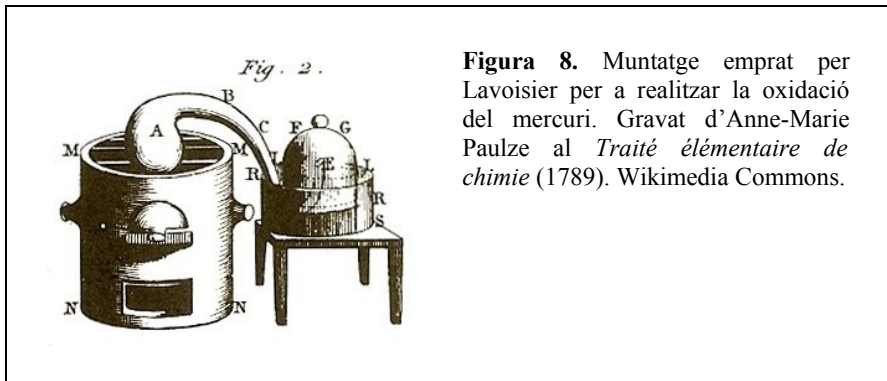
- Tanmateix si escalfava òxid de mercuri (II) sense carbó obtenia un altre gas, de propietats clarament diferents: no precipitava l'aigua de calç, no neutralitzava els àlcals, afavoria la vida,... Ara podem escriure el procés com:

òxid de mercuri (II) = mercuri + oxigen

- Lavoisier també comprovà que el carbó podia transformar un gas en l'altre (BERTOMEU i GARCÍA, 2006), és a dir:

oxigen + carbó = diòxid de carboni

El 2 d'abril publicà una memòria sobre els seus resultats anomenant a aquest gas: «*aire atmosfèric molt pur*». Posteriorment, el 1778, en una revisió de les memòries el denominà: «*la part més saludable i més pura de l'aire i aire eminentment respirable*» (Pellón, 2002), la qual cosa indica que Lavoisier ja intuïa que **l'aire estava format per una mescla de gasos** (Bertomeu i García, 2006).



**Figura 8.** Muntatge emprat per Lavoisier per a realitzar la oxidació del mercuri. Gravet d'Anne-Marie Paulze al *Traité élémentaire de chimie* (1789). Wikimedia Commons.

Lavoisier el 7 d'abril de 1776 començà a realitzar una experiència (Fig. 8) introduint mercuri dins d'una retorta el qual tub finalitzava dins una campana invertida plena d'aigua i tancada amb aigua, segons el mètode inventat per Hales i perfeccionat per Cavendish i Priestley. Escalfant durant dotze dies i dotze nits (Poirier, 1993) observà la formació d'una pel·lícula vermella damunt del mercuri, o sigui òxid de mercuri (II), i observà que l'aire del recipient havia disminuït en  $\frac{1}{6}$ . Comprovà que l'aire que quedava no precipitava l'aigua de calç (no era  $\text{CO}_2$ ). Després comprovà que, mesclant l'aire que havia quedat amb l'aire obtingut quan s'escalfava l'òxid de mercuri

(II) a 400 °C (l'O<sub>2</sub>) s'obtenia un «aire més o manco com l'aire normal». Així completà l'anàlisi i la síntesi de l'aire (Bertomeu i García, 2006). Per tant, si s'escriu amb equacions químiques, Lavoisier proposa:

mercuri + oxigen = òxid de mercuri (II)

òxid de mercuri (II) = mercuri + oxigen

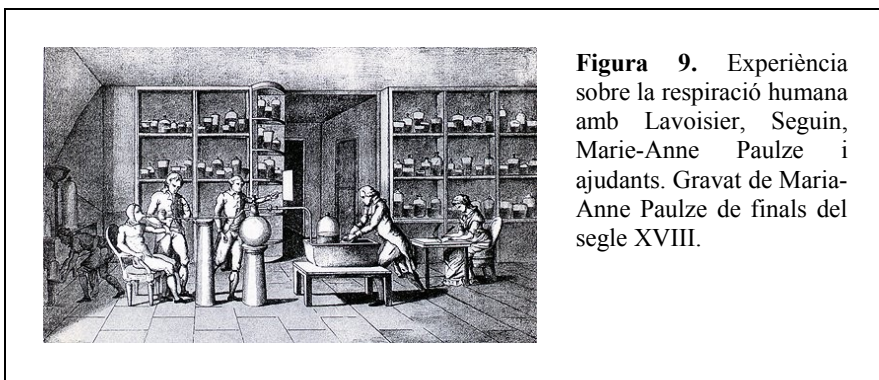
El 1776 llegí davant l'acadèmia una memòria, *Mémoire sur l'existence de l'air dans l'acide nitreux* (Comité Lavoisier), on explicà l'existència del gas de Priestley en l'àcid nítric. Com que amb el sofre i el fòsfor es produïa el mateix deduí que la naturalesa àcida era deguda a aquest nou gas. Fou l'any següent, el 1777, que en una memòria presentada a l'*Académie, Considérations générales sur la nature des acides et sur les principes dont ils sont composés*, (Comité Lavoisier) decidí emprar per el gas de Priestley el nom de *principi acidificant* o, en grec, *principi oxigen* (compost de ὄξύς 'àcid' i -γενός 'engendrador'). Aquí Lavoisier **identificà l'oxigen com un principi, això és, un element químic, en contra de la teoria dels quatre elements d'Aristòtil**. En ella demostrà que l'oxigen forma part dels àcids i que podia crear àcids per ell mateix. Ho demostrà fent reaccionar sucre amb àcid nítric que produí àcid oxàlic, l'àcid del sucre. Però amb els metalls no passava el mateix i Lavoisier suposà que era perquè no s'havia trobat el camí idoni per produir àcids de metalls (actualment se'n coneixen, per exemple l'àcid cròmic). Posteriorment es descobriren àcids que no tenien oxigen en la seva composició, com l'àcid clorhídric, Hcl.

El descobriment de l'oxigen ha estat motiu de controvèrsia durant més de dos-cents anys. Es pot dir que el químic suec Carl-Wilhelm Scheele (1742-1786) fou el primer que l'aïllà conscientment el 1772, Priestley en definí les seves propietats el 1774 i Lavoisier fou qui l'identificà com un element químic el 1776 (Poirier, 1993).

## LA RESPIRACIÓ ÉS UNA COMBUSTIÓ. LA COMPOSICIÓ DE L'AIRE

El 1777 presentà *Mémoire sur la combustion en général* (Comité Lavoisier), en ella començà a atacar la teoria del flogist considerant que explicava la combustió emprant un cercle viciós: «*Els cossos combustibles contenen matèria del foc perquè cremen... cremen perquè contenen matèria del foc*». Com alternativa, avançà la hipòtesi que considerava més probable i més apropiada per explicar la combustió: la *substància del foc* o calor té efectes repulsius i un paper d'expansió, mentre que amb la teoria de Stahl el foc era un principi fix, que es trobava sempre combinat. Lavoisier realitzà una inversió de l'esquema de la combustió: no més desunió que allibera flogist, sinó combinació amb una part de l'aire, que era la que generava la *matèria del foc* o calor.

En aquest mateix any començà a estudiar el fenomen de la respiració (Fig. 9). Suposà que en ella es consumia *aire eminentment respirable* (oxigen) i es produïa *àcid calcari aeriforme* (diòxid de carboni), però no explicà quin era l'origen de la calor animal ni si el procés era degut a una reacció química o consistia simplement en un intercanvi de gasos en l'interior dels pulmons (Pellón, 2002). Després de les experiències amb Laplace, durant el període 1781-1783, publicà la *Mémoire sur la chaleur* (Comité Lavoisier) on considera que la respiració és un procés de combustió similar al del carbó, si bé més lent. La calor produïda en combinar-se l'oxigen i el carboni subministrat per la sang a partir dels aliments, es repartia per tot el cos. La part no respirable de l'aire, *mofeta* o *azot*<sup>6</sup>, neologisme de Lavoisier a partir del grec *a-* i *ζωτ-*, 'viu', privat de vida, s'exhalava sense sofrir cap tipus de variació (Pellón, 2002). Més endavant publicà una *Premier mémoire sur la respiration des animaux* (Comité Lavoisier) on amplià aquestes idees. **L'aire, doncs, segons Lavoisier, està format per nitrogen (azot) i oxigen.**



**Figura 9.** Experiència sobre la respiració humana amb Lavoisier, Seguin, Marie-Anne Paulze i ajudants. Gravat de Maria-Anne Paulze de finals del segle XVIII.

## LA CALOR

El 1777 començà els estudis sobre la calor amb Laplace. En un principi estudiaren l'evaporació d'etanol i èter i descobriren que el procés d'evaporació dels líquids està sotmès a dues forces oposades:

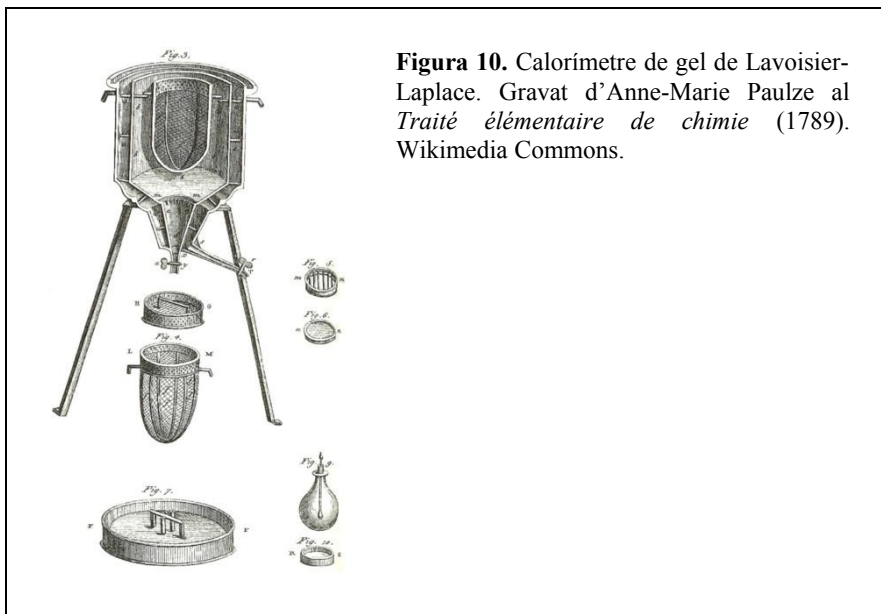
- la matèria de la calor, que intenta evaporar els líquid; i
- la pressió atmosfèrica, que impedeix l'evaporació.

Segons predominàs una o altra força les substàncies es trobaven en estat líquid o vapor (Pellón, 2002).

<sup>6</sup> El 1790 Jean-Antoine Chaptal (1765-1832) l'anomenà *nitrogen*, ja que es produïa en calcinar nitrats. És el nom que s'empra majoritàriament, si bé a França encara se'l anomena *azote*, i en química orgànica la partícula *az(o)* s'empra per designar als composts nitrogenats.

Aquestes idees proporcionaven una explicació més clara que la teoria del flogist d'Stahl. Considerant que les substàncies estaven formades per *matèria de la calor* associada a una altra matèria específica pròpia de cadascuna, anomenada *base*, no era necessari la intervenció del flogist per explicar la seva combustió. Així l'oxigen està format per matèria de la calor unida a la base pròpia de l'oxigen, i la combustió s'explica perquè les substàncies combustibles tenen més afinitat per la base de l'oxigen, i s'hi combinen, alliberant la calor (Pellón, 2002).

L'interès d'ambdós científics es dirigí cap a l'estudi de la calor latent, l'estudi de la qual havia estat pioner Joseph Black. Aquest havia observat que quan el gel es transforma en aigua la temperatura es manté constant per molt que s'escalfi. Aquestes investigacions arribaren a Lavoisier a principis de la dècada de 1780. Per a repetir-les inventaren el **calorímetre** (Fig. 10), aparell per a mesurar la calor, nom que li donà Lavoisier al seu *Traité Élémentaire de Chimie*, de 1789, i experimentaren durant els anys 1781-1783 (Pellón, 2002).



**Figura 10.** Calorímetre de gel de Lavoisier-Laplace. Gravats d'Anne-Marie Paulze al *Traité élémentaire de chimie* (1789). Wikimedia Commons.

El 1782 publicaren la *Mémoire sur la chaleur* (Comité Lavoisier) on anomenen a la calor *fluid igni, matèria del foc, de la calor i de la llum*, i on diuen que té tendència a posar-se en equilibri en tots els cossos, però sense penetrar-los a tots amb igual facilitat, que existeix tant en llibertat com combinat amb d'altres cossos. En estat lliure es pot mesurar amb els termòmetres però combinada no es pot detectar, ni amb els sentits ni amb els termòmetres (Pellón, 2002). A aquest darrer tipus de calor l'anomenaren *calor específica* de cada cos (Bertomeu i García, 2006).



## L'AIGUA NO ÉS UN PRINCIPI, ÉS UNA COMBINACIÓ D'OXIGEN I HIDROGEN

El 1781 Henry Cavendish combinà *aire inflamable* (hidrogen) amb aire dins un recipient tancat, un eudiòmetre<sup>7</sup> dissenyat per Alessandro Volta (1745-1827), el qual permetia generar un espira elèctrica al seu interior i produir explosions. Observà que el volum de la mescla disminuïa en una cinquena part i també observà que es formaven gotetes d'aigua en la superfície del recipient, cosa que ja havien observat altres investigadors com Macquer. Cavendish interpretà aquestes experiències amb la teoria del flogist indicant que l'*aire inflamable* (hidrogen) era flogist pur o, més probablement, flogist unit a l'aigua; i que l'*aire desflogisticat* (oxigen) era aigua privada de flogist (Bertomeu i García, 2006).

Priestley repetí les experiències de Cavendish l'hivern de 1783 en millors condicions. Millorà els mètodes de producció deshidratant a consciència els gasos emprats. Recollí l'aigua absorbint-la en un paper de filtre prèviament pesat i després el tornà pesar. Així pogué comprovar que l'aigua formada tenia un pes exactament igual al pes de l'aire que s'havia transformat. Priestley ho explicà aplicant la teoria del flogist (Bertomeu i García, 2006).

Lavoisier realitzà experiències combinant *aire inflamable* (hidrogen) amb *aire desflogisticat* (oxigen) el 1777 amb Jean-Baptiste Bucquet (1746-1780) pensant que obtendria un àcid, ja que segons la seva teoria l'oxigen en combinar-se amb una substància produïa un àcid. El 1781 i 1782 amb Philippe Gengembre (1764-1838) realitzà nous experiments però no pogué obtenir tampoc l'àcid desitjat. El 1782, Volta viatjà a París i col·laborà amb Lavoisier i Laplace intentant detectar càrregues elèctriques en l'evaporació dels líquids. Probablement informà dels resultats que havia obtingut amb el seu eudiòmetre. En la primavera de 1783, Charles Blagden (1748-1820), assistent de Cavendish, secretari de la *Royal Society*, explicà els experiments de Cavendish a l'*Académie*. Lavoisier també tingué coneixement dels treballs de Priestley gràcies a les informacions de l'espia Joao-Jacinto de Magalhães (1722-1790)<sup>8</sup> (Bertomeu i García, 2006). Lavoisier repetí els experiments i demostrà davant els membres de l'*Académie* el 24 de juny de 1783 que es formava aigua. Un experiment que realitzà de manera semblant Gaspard Monge (1746-1818) professor de física de l'*École Royale du Génie de*

7 Eudiòmetre: Instrument utilitzat en l'anàlisi volumètrica de certes mescles de gasos. Consta d'una proveta graduada, de vidre gruixut, amb aixetes que tanquen tots dos extrems, o bé l'extrem inferior és introduït dins un recipient amb aigua o mercuri.

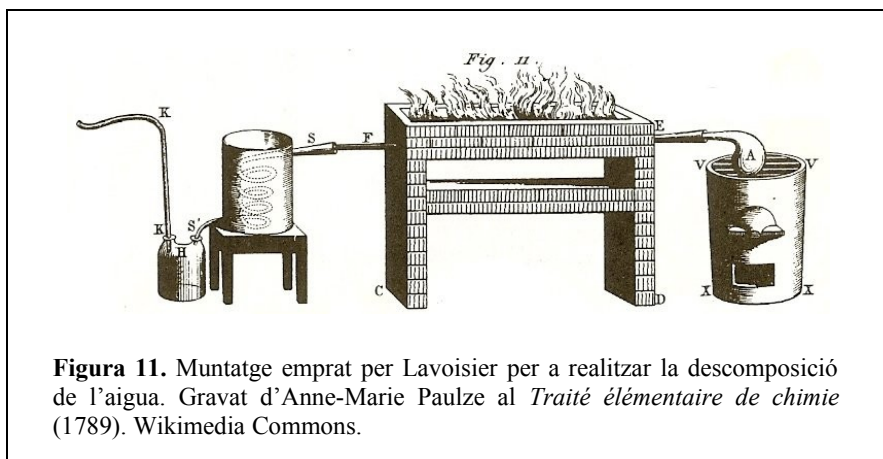
8 Joao-Jacinto de Magalhães rebé l'encàrrec de Jean-Charles-Philibert Trudaine de Montigny (1733-1777), director del *Bureau de Commerce* de París i membre de l'*Académie*, d'informar-lo de les darreres novetats científiques i tècniques angleses. Gràcies a aquesta feina d'espionatge Lavoisier disposà d'informació privilegiada de les investigacions dels químics anglesos.

Mézières i que elogià Lavoisier, poc donat a elogiar els treballs d'altres investigadors. És a dir:

hidrogen + oxigen = aigua

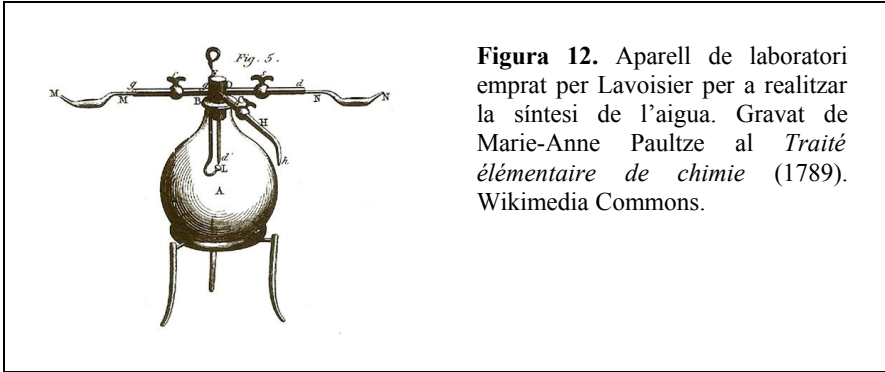
S'havia sintetitzat aigua però ara calia descompondre-la i així tenir la prova completa de la composició de l'aigua. Lavoisier revisà experiències que indicassin com es podia descompondre l'aigua (Fig. 11). Potser llegí les de Tobern Bergman (1735-1784) que havia observat que els filaments de ferro tractats amb aigua destil·lada produïen grans quantitats d'*aire inflamable* (hidrogen). Lavoisier ho confirmà i amb Jean Baptiste Meusnier (1754-1793) realitzaren un disseny experimental per a obtenir hidrogen mitjançant un canó de fusell de ferro escalfat al vermell en un forn que permetia la descomposició de l'aigua (Bertomeu i García, 2006).

aigua = hidrogen + oxigen



Lavoisier amb el constructor d'instruments Pierre Mégnié (1751-1807) dissenyà un altre aparell, el gasòmetre, amb l'objectiu de mesurar les quantitats de gasos que intervien en experiències com la síntesi de l'aigua (Fig. 12) i que permetia, també, realitzar un subministrament continu de gasos de manera uniforme dins del recipient on es produïa la reacció. El 27 i 28 de febrer de 1785 realitzà les experiències de síntesi i descomposició de l'aigua a gran escala davant d'una trentena de personalitats, entre les que destacaven el rei Louis XVI, un ministre i dotze membres de l'*Académie*. Lavoisier conclougué que 86 parts d'oxigen es combinen amb 14 parts d'hidrogen per donar 100 part d'aigua (amb les dades actuals són 89 parts d'oxigen i 11 d'hidrogen). Anomenà a l'*aire inflamable* hidrogen, (compost de la forma prefixada del mot grec ὕδωρ *aigua* i de γένος *origen*) és a dir generador d'aigua (Bertomeu i García, 2006).

Aquest doble experiment, de descomposició i síntesi, fou el que provocà que alguns dels científics francesos més destacats acceptassin el conjunt dels punts de vista teòrics de Lavoisier. Després de dotze anys de treballs variats que crearen dubtes sobre les bases de la química dels elements, aquesta fou la *gota d'aigua* que apagà definitivament el flogist (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997).



**Figura 12.** Aparell de laboratori emprat per Lavoisier per a realitzar la síntesi de l'aigua. Gravats de Marie-Anne Paultze al *Traité élémentaire de chimie* (1789). Wikimedia Commons.

## EL NOU MÈTODE DE NOMENCLATURA QUÍMICA

El 1787 Lavoisier i un grup de químics que havien acceptat les seves idees, Louis-Bernard Guyton de Morveau, Claude-Louis Berthollet (1748-1822) i Antoine-François Fourcroy (1755-1809), publicaren un nou sistema de nomenclatura química, *Méthode de nomenclature chimie*. Abans de la publicació d'aquest mètode les substàncies s'anomenaven amb substantius en base a les seves característiques físiques, com l'olor, el sabor (*sucre de Saturn*, ara acetat de plom (II)), *oleum dulce vitrioli* o *licor de Frobenius* ara dietilèter), el color (*magnesia alba* ara carbonat de magnesi, *magnesia nigra* ara carbonat de manganès, *cal roja del mercuri* ara òxid de mercuri (II)), pel mètode de preparació (*flor de sofre*, *precipitat de sofre*), pel nom del seu descobridor (*sal de Glauber*, *liquor de Libavius*, *sal de Seignette*, ara tartrat de potassi i sodi), pel lloc on s'havien descobert (*vidriol romà*, *vidriol húngar*, *vidriol de Xipre* ara sulfat de coure (II), *guix de París*, *sal de la Rochelle* ara tartrat de potassi i sodi, *àcid de la sal marina* o *àcid marí* o *àcid muriàtic* ara àcid clorhídric). Aquest sistema era totalment incoherent, les substàncies rebien diferents noms en diferents llocs o per part de diferents científics (el diòxid de carboni i l'àcid carbònic foren anomenats *aire mefític* per Black, *àcid fix* per Priestley, *àcid aeri* per Bergman, *àcid de la creta* per Guyton de Morveau) la qual cosa impedia la comunicació.

Abans d'aquesta obra hi hagué químics, com Rouelle, Macquer, William Cullen (1710-1790), Torben Bergman i d'altres, que intentaren corregir la nomenclatura tradicional des de la meitat del segle XVIII, eliminant redundàncies i introduint noms genèrics, com per exemple *vidriols*,

els actuals sulfats. El 1782 Guyton de Morveau començà la tasca d'establir una nova nomenclatura a partir del principi que el nom d'una substància ha d'indicar la seva composició. Els partidaris de Lavoisier el varen convèncer que realitzàs el treball en equip i és formà el grup de quatre químics encapçalats pel mateix Lavoisier. Aquest introduí dues modificacions al mètode de Guyton:

- Totes les denominacions es basen en la teoria de Lavoisier, transformant així la nomenclatura en un arma contra la teoria del flogist.
- La nomenclatura ha de reflectir la naturalesa. Llenguatge i coneixement són indissociables, per la qual cosa, refer la llengua és refer la ciència, en línia amb el filòsof Étienne Bonnot de Condillac (1715-1780) (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997).

La nomenclatura es basa en un *alfabet* de 33 noms simples per a les substàncies simples: les familiars conserven els noms tradicionals (coure, sofre,...), les substàncies noves, com ara els gasos, s'anomenen a partir d'una propietat característica (oxigen, hidrogen,...). Les substàncies simples, o elements, ho són de manera provisional perquè Lavoisier defineix els elements com a les substàncies que la química ja no pot descompondre més amb els mètodes del moment. Per la qual cosa són elements de manera provisional, ja que no es pot garantir que, amb nous mètodes, en el futur puguin ser descompostes en altres més simples (Lavoisier, 1789).

Les substàncies compostes es designen amb un nom compost que juxtaposa els noms dels seus constituents i es classifiquen en gèneres i espècies: el nom del gènere (p.e. àcid), que designa les propietats

**Figura 13.** Taula d'elements segons la nova nomenclatura. *Traité élémentaire de chimie* (1789). Wikimedia Commons.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.	
Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
Lumière.....	Lumière.
Calorique.....	Chaleur.
	Principe de la chaleur.
	Fluide igné.
	Fer.
	Matière du feu &c de la chaleur.
	Air épurifié.
	Air emporté.
	Air vital.
	Gaz de l'air vital.
	Gaz phlogistique.
	Mafce.
	Gaz de la mafce.
	Gaz inflammable.
	Gaz du gaz inflammable.
	Sulfere.
	Phosphore.
	Charbon pur.
	Incerneu.
	Incerneu.
	Radical fluorique.
	Radical boracique.
	Ammoniac.
	Antimoine.
	Argent.
	Arfenic.
	Bismuth.
	Cobalt.
	Cuivre.
	Etain.
	Fer.
	Manganefe.
	Mercur.
	Nickel.
	Nickel.
	Or.
	Or.
	Platin.
	Platin.
	Plomb.
	Tungstène.
	Zinc.
	Zinc.
	Terre calcaie, comae.
	Magnefe, base du fel d'Epfein.
	Barye.
	Argile, terre de l'alan, base de l'Alun.
	Silice.
	Terre-fluente, terre vitrifable.

comuns a tota una classe, s'especifica amb un adjectiu (p.e. àcid carbònic). Quan dues substàncies s'uneixen formant composts diferents, es distingeixen amb sufixes: *ic*, *ós* pels àcids (p.e. àcid sulfúric, àcid sulfurós), *urs*, *its*, *ats* per a les sals (p.e. sulfurs, sulfits, sulfats) (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997).

Dos segles després encara perviuen els principis de la nomenclatura. En el moment de la seva publicació, el 1787, es considerà una ofensiva contra el flogist i generà una violenta controvèrsia. Tanmateix, vint anys després, malgrat crítiques sobre algunes denominacions, la nova nomenclatura (Fig. 13) s'adaptà a totes les llengües europees i començà a ensenyar-se a la majoria de països europeus (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997).

## CONCLUSIONS

Sens dubte Antoine-Laurent Lavoisier és un dels químics més destacats de la història, les seves aportacions suposaren una revolució en la química de finals del segle XVIII. Gràcies a la gran fortuna que acumulà pogué dissenyar i fabricar instruments científics la qual precisió superava la dels aparells que havien disposat els químics que el precediren; gràcies a la posició de prestigi que assolí en l'*Académie des Sciences* de París pogué donar a conèixer els seus treballs als científics francesos de major prestigi, aconseguir el seu aval, i difondre'ls entre els més destacats químics d'Europa i d'Amèrica; gràcies a la seva capacitat intel·lectual aconseguí donar noves explicacions a fenòmens que altres científics havien descobert però que havien interpretat de forma errònia, i crear noves teories que explicaven de manera més simple els fets que fins aquell moment s'explicaven amb teories derivades dels antics alquimistes i que cap altre destacat químic gosava contradir; gràcies a la utilització de la balança de precisió i dels balanços de masses en les reaccions químiques, segons la llei de conservació de la massa, pogué observar fets que havien passat desapercebuts a la resta de químics. La química canvià amb Lavoisier i prengué un camí que permetria a molts de químics posteriors realitzar importants descobriments durant el segle XIX. La seva nova nomenclatura racionalitzà el llenguatge químic i facilità la comunicació entre químics. La seva definició d'element químic aclarí un concepte que era confús fins aleshores. El seu llibre *Traité élémentaire de chimie* revolucionà el món de l'educació química, en pocs anys fou traduït a molts d'idiomes i fou emprat per a ensenyar la nova química a les universitats d'arreu del món. I així, les noves idees de Lavoisier, canviaren el món.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Bensaude-Vincent, B. i Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.
- Beretta, M. i Scotti, A. (2009). *Panopticon Lavoisier*.  
<http://moro.imss.fi.it/lavoisier/>

- Bertomeu, J.R. i García, A. (2006). *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Universitat de València.
- Comité Lavoisier de l'Académie des Sciences. *Les Œuvres de Lavoisier*.  
<http://www.lavoisier.cnrs.fr/index.html>
- Fauque, D. (2003). *Lavoisier et la naissance de la chimie moderne*. Vuibert.
- Lavoisier, A.L. (1789). *Traité Élémentaire de Chimie*. Gaspard-Joseph Cuchet. París. Traducció a l'anglès, *Elements of Chemistry*,  
[http://ebooks.adelaide.edu.au/l/lavoisier/antoine\\_laurent/elements/complete.html](http://ebooks.adelaide.edu.au/l/lavoisier/antoine_laurent/elements/complete.html)
- Pellón, I. (2002). *Un químico ilustrado, Lavoisier*. Col. Científicos para la historia. Nivola.
- Poirier, J.P. (1993). *Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794)*, Paris: Éditions Pygmalion-Gérard Watelet.

# Una aventura per a la ciència. François Aragó i el triangle 17

Joan Bauzà i Joan Stela

---

Bauzà, J. i Stela, J. (2016). Una aventura per a la ciència. François Aragó i el triangle 17. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 147-163. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** El 1791 l'Assemblea Nacional Francesa decretà que el metre seria la nova mesura de referència i es definiria com la deumilionèsima part del quadrant del meridià terrestre. Per mesurar el meridià es va fer servir el mètode de la triangulació; Pierre Méchain inicià una de les campanyes de mesura i les va acabar el seu successor, François Aragó, que va prolongar la mesura del meridià fins a les Balears. L'estada a Formentera d'Aragó va servir per tancar el triangle 16 i per començar el triangle 17, situat entre Formentera, Eivissa i Mallorca. Es discuteix si era necessari mesurar el triangle 17; des d'un punt de vista científic, un cop tancat el triangle 16, amb el seu vèrtex més meridional a Formentera, no era necessari continuar la triangulació cap a Mallorca per mesurar el meridià.

## EL NAIXEMENT DEL METRE

**E**l metre, aquesta familiar unitat de mesura, ens resulta un element proper i quotidià. No obstant això, cal recordar que la seva existència és recent. El seu origen es remunta a la decisió presa el 1791 per l'Assemblea Nacional Francesa d'establir unitats naturals universals per a les mesures de longitud i pesos. La seva difusió i adopció internacional no es consolidaria fins

un segle més tard, el 1889, quan a la primera Conferència General de Pesos i Mesures s'estableix el *metre patró* o *metre prototip internacional*. Paradoxalment, quasi en paral·lel, també s'havia adoptat el meridià de Greenwich com a meridià de referència (1884) en substitució del de París.

El metre és fill de la Il·lustració i per tant de la Revolució Francesa, un moment apropiat per als entusiastes. Calia cercar una mesura d'aplicació universal, que desafies el pas del temps amb l'esperança d'acabar amb el desordre, fruit de la multitud de mesures tradicionals d'abast local; aquestes es consideraven un residu del feudalisme i de l'Antic Règim: pams, canes, vares, destres, llegües, etc., per posar exemples. Però la cosa pitjor no era l'enorme diversitat, sinó el fet que mesures del mateix nom tinguessin valors diferents: llegua de posta francesa (3,89 km), llegua de posta espanyola (4 km), llegua jurídica (4,17 km), llegua de cinc mil vares (4,77 km), o la llegua d'Alacant o de 20 al grau (5,55 km), en serien altres exemples. Tot plegat, és evident la complicació creada a l'administració pública a l'hora de treballar amb mesures diverses, tal és el cas del fisc, per dur a terme la seva funció per exemple, al cadastre, fonamentada en la mesura de superfícies territorials (Moreu-Rey, 1956).

L'especificitat del nou sistema de mesura basat en el metre seria que fos decimal. Així, el 1791 l'Assemblea Nacional Francesa decreta que la nova mesura de referència sigui una deumilionèsima part del quadrant del meridià terrestre, opció que s'imposa a la d'establir la mesura en base a la longitud d'un pèndol amb un semiperíode d'un segon. A partir d'amidaments previs a altres latituds<sup>1</sup>, a més dels que s'havien dut a terme sobre la part septentrional del meridià de París, en el tram Dunkerque-París<sup>2</sup>, se sabia que la longitud del pèndol era molt propera a la proposada en base a la deumilionèsima part del quadrant del meridià. L'experiment del pèndol requeria un esforç que era insignificant front a l'opció de mesurar un arc de meridià, però l'oscil·lació del pèndol plantejava el problema que la força de la gravetat varia significativament al llarg de la superfície de la Terra i, per tant, la longitud del pèndol feia el patró de longitud més arbitrari, ja que s'hauria de precisar l'indret on es determinaria el valor del metre.

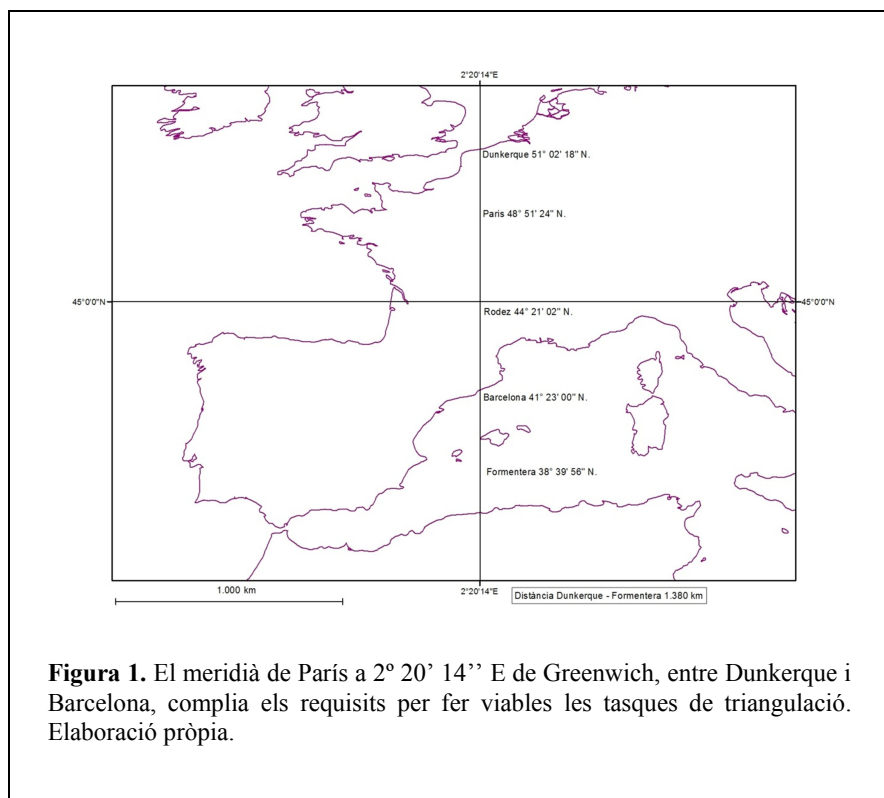
Un cop presa la decisió de mesurar un arc de meridià, calia escollir-ne un en particular. Un dels requisits era que l'arc de meridià a mesurar estigués a una distància intermèdia entre el pol i l'equador, ja que seria on menys es deixaria notar el fet que la Terra no és una esfera, sinó un esferoide oblat. En segon lloc, es considerava que els resultats serien més precisos si els dos punts de partida es trobessin a la vora de la mar, per la facilitat de reduir les distàncies a l'horitzó. Aquests requisits limitaven les possibilitats als meridians que a la vegada creuessin pel mar del Nord, el Bàltic o el Canal de la Mànega i el Mediterrani. Al mateix temps, calia evitar, per motius operatius, les grans serralades com els Alps i els Carpats. Amb aquests criteris,

1 Missions geodèsiques franceses a Lapònia (1735-1737) i a Perú (1736-1744) per mesurar la circumferència de la Terra.

2 Amidament de l'arc de meridià entre Amiens i París (1739).



hi entrava el meridià des de Dunkerque a Barcelona (Fig. 1), que ja havia estat mesurat parcialment i que, a més, tenia el caràcter simbòlic de passar per París, establert des del seu Observatori Astronòmic (Moreu-Rey, 1956).



**Figura 1.** El meridià de París a 2° 20' 14" E de Greenwich, entre Dunkerque i Barcelona, complia els requisits per fer viables les tasques de triangulació. Elaboració pròpia.

Tenint clar que havia de ser el meridià de París, s'engeguen els treballs. L'Assemblea, reunida el 26 de març de 1791, decideix que la nova mesura s'anomenarà metre (del grec *μετρον*, *mesura*). Així, els astrònoms Jean-Baptiste Delambre (Amiens, 1749 – París, 1822) i Pierre Méchain (Laon, 1744 – Castelló de la Plana, 1804) partiren de París, el primer cap al nord i l'altre cap al sud. Un cop acabades les operacions quedaren en retrobar-se a Rodez, més o menys a mitjan camí entre París i Barcelona. Delambre, per tant, tenia un segment de meridià (Dunkerque-París-Rodez) superior al de Méchain, però es tractava d'un tram conegut i que anteriorment ja havia estat mesurat en alguns sectors. Per contra, Méchain tenia el segment més curt (Rodez-Barcelona), però desconegut, sobretot al sud dels Pirineus.

Per mesurar el meridià s'utilitzà la tècnica de la triangulació, aplicant els principis de la trigonometria, segons la qual, quan es coneix el valor del costat d'un triangle i dos angles, també es troba el valor dels dos altres costats. En conseqüència, era precís determinar de forma acurada un primer costat, una

longitud agrimensurada i que rep el nom de base. La resta consistirà en crear una xarxa de triangles (Fig. 2) fins al punt on es pogués arribar seguint el meridià.

Les operacions d'amidament des de Dunkerque a Barcelona foren penoses i perilloses per als dos astrònoms. Tant eren considerats sospitosos de ser contraris als principis de la revolució, com, en altres ocasions, les seves vides corrien perill per la presència de bandolers. Estant Méchain a Barcelona, l'any 1793, va detectar un suposat error en el valor de la latitud calculada de Montjuïc, suposició que li ocasionà greus problemes de consciència que el portaren a la depressió i a no lliurar els seus resultats fins l'any 1798 (Alder, 2002). En base als treballs de Delambre i Méchain el dia 10 de desembre de 1799, el Primer Cònsol, Napoleó Bonaparte, signava l'acta de naixement del metre, que, com s'havia concebut, hauria de ser per a tots els homes i tots els temps. Aquest patró, conegut com a *Mètre des Archives*, resultà ser 0,2 mm més curt que com s'havia definit vuit anys abans. Amb posterioritat, el patró de metre adoptat el 26 de setembre del 1889 a la Primera Conferència General de Peses i Mesures reproduïa exactament la longitud del *Mètre des Archives*.

Després d'uns anys de treballs, Méchain tenia el projecte de continuar la mesura de l'arc de meridià des de Barcelona fins a les Illes Balears. Començà les operacions, però tingué l'infortuni de morir, a Castelló de la Plana, el setembre de 1804, víctima de la febre groga. Poc temps després, fou nomenat el seu successor, el jove rossellonès Francesc Aragó que, a partir d'ara, es converteix en el protagonista d'aquest relat.

## **ARAGÓ I LA SEVA ÈPOCA**

François Aragó rebria les influències dels darrers anys de la Il·lustració, un moviment intel·lectual comprés entre 1688 i la Revolució Francesa del 1789. La Il·lustració es proposava il·luminar la humanitat amb les llums de la raó, considerada com un instrument més per adquirir que no pas per posseir. A partir de la raó es vol arribar a la felicitat general. En l'univers de la Il·lustració, que proclama la dignitat de l'home i els ideals de progrés i felicitat, covaria la Revolució Francesa, una revolució burgesa, que ja s'havia experimentat als Estats Units d'Amèrica i la seva independència (1776).

A les comarques septentrionals de Catalunya, incloses dins l'Estat francès des de la pau dels Pirineus (1659), d'on era originària la família Aragó, la Revolució Francesa tingué fortes repercussions. La revolució suposa el final de l'Antic Règim, amb l'abolició de la complexa jerarquia administrativa, judicial i militar, i la subjecció a la nova organització estatal, centralitzada a París. La revolució triomfà al Rosselló on la tradició catòlica estava molt arrelada. La proximitat de la frontera amb l'Estat espanyol determinà que el Rosselló fos una zona de pas per a un gran nombre de nobles i eclesiàstics que fugien i cercaven refugi a Catalunya. D'altra banda, els polítics rossellonesos iniciaren una acció de propaganda de la revolució a

Catalunya i a París; un membre del Comitè de Salut Pública, Georges Auguste Couthon (1755-1794), arribaria a propugnar la creació d'una república catalana independent i revolucionària. La iniciativa, però, resulta estèril, donada l'antipatia tradicional catalana cap a França i el pes de la tradició religiosa en un ampli sector de la població. El rebuig a les idees revolucionàries condicionà fortament la conducta dels catalans, anys més tard, en produir-se la invasió napoleònica, que es traduí en una forta resistència catalana a Napoleó durant la guerra del Francès. Per aquestes circumstàncies precisament Francesc Arago estigué a punt de jugar-se la vida.



**Figura 2.** Coll de Panissars amb una de les fites frontereres del Tractat dels Pirineus (1659). Al fons, la divisòria del puig de les Calmelles, vèrtex d'un dels triangles del tram de Méchain. Fotografia: Joan Bauzà.

## FRANCESC JOAN DOMÈNEC ARAGÓ

Francesc Joan Domènec Arago i Roig naixia el 1786 a Estagell, un municipi del Rosselló (Pirineus Orientals), a una trentena de quilòmetres de Perpinyà. Era fill de Francesc Bonaventura Arago i de Maria Roig<sup>3</sup>. El seu pare era batlle del poble a partir del 1790. Estagell, amb una superfície de 21

<sup>3</sup> El matrimoni tenia altres fills: Joan, Jaume i Esteve. Cadascun d'ells va destacar en el seu respectiu camp: militar, exploracions i literatura.

km<sup>2</sup>, forma part de les comarques septentrionals catalanes que, a mitjan segle XVII varen ser cedides a França. Un poble no gaire gran, però molt transitat. Un territori fronterer on les tropes hi desfilen freqüentment, juntament amb comerciants i viatgers de Bourdeus o de Tolosa, en trànsit de Perpinyà a Espanya o viceversa. El senyor Aragó pare, és una persona acollidora i amb cert prestigi social, que alberga personatges rellevants; un dels hostes fou justament l'astrònom Pierre Méchain, quan el jove Aragó només tenia vuit anys (1794).

Uns anys més tard, el 1803, es repetia la visita de Méchain a la casa familiar dels Aragó on l'astrònom feia una estada de camí a Barcelona, amb el projecte de prolongació del meridià fins a les Illes Balears. Méchain, que aleshores era director de l'Observatori de París i president del *Bureau des Longitudes*<sup>4</sup>, es fixa en el jove Aragó. Aquest tenia disset anys i s'afanyava amb el difícil programa de matemàtiques exigint per entrar a l'Escola Politècnica de París. El pare d'Aragó aprofita l'avinentesa per demanar a Méchain el seu parer sobre les possibilitats del seu fill per superar les proves d'accés. Paradoxalment, Méchain desaconsella la carrera científica: *«veritablement massa difícil a recórrer. A menys d'una vocació especial el vostre fill només hi trobarà decepcions»* (Bayart, 2012).

Malgrat el poc coratge que li donà Méchain, el voluntariós Aragó seria admès a la Politècnica l'octubre de 1803. Aragó estigué sempre entre els millors alumnes encara que el seu esperit crític i poc dòcil el conduïren a abandonar l'Escola i a entrar com a secretari bibliotecari a l'Observatori astronòmic de París. Va ingressar recomanat per l'astrònom, matemàtic i físic Pierre-Simon Laplace, aleshores president de l'Observatori, que veu en Aragó un entusiasme i una capacitat en coneixements científics superior als exigits a la Politècnica. Com ja hem indicat, el mes de setembre de 1804, Méchain moria a Castelló víctima de la febre groga durant la campanya de triangulació. Al mateix temps, el seu fill Augustin Méchain dimitia de la plaça de secretari que ocupava a l'Observatori. La vacant seria atorgada al jove de dinou anys François Aragó (Bayart, 2012). D'aquesta manera, la mort de Méchain, que en el seu moment desaconsellà al senyor Aragó pare que el seu fill opositàs a la Politècnica, derivaria en el seu relleu pel jove Aragó, que, igualment, s'aplicaria a continuar el projecte de triangulació per mesurar el meridià.

## LA FIGURA D'ARAGÓ

Aragó podria haver passat a la història exclusivament per les seves tasques científiques. A més de les tasques de triangulació, en el camp de la òptica, el 1810, du a terme els primers experiments per determinar la velocitat

---

4 Institució francesa que es va crear el 1795, dedicada a resoldre els problemes astronòmics lligats a la determinació de la longitud en la navegació marítima. Un aspecte estratègic a l'època i que d'aquí en derivi el nom de la institució.

de la llum, a partir del fet que la Terra es desplaça a 30 km/s, pocs anys abans que, el 1838, els físics Hippolyte Fizeau (1819-1896) i Léon Foucault (1819-1868) fessin la primera determinació de la velocitat de la llum. En el camp de l'astronomia, Arago també fou un gran divulgador; destaca la seva obra *Astronomie populaire* i el fet d'haver estat mestre de l'astrònom Urbain Le Verrier (1811-1877), que va descobrir Neptú gràcies als plantejaments d'Aragó. En electromagnetisme, presentà l'experiment de Hans Christian Ørsted (1777-1851) a André-Marie Ampère (1775-1836) amb qui va inventar l'electroimant.

Però Arago, amb el temps, s'interessarà també per la vida pública ocupant diversos càrrecs de responsabilitat, com Ministre de la Marina i, fins i tot, exercí de Cap d'Estat durant la Segona República Francesa, concretament en el breu espai des del 9 de maig fins al 24 de juny de 1848. Durant el seu mandat com a Ministre de la Marina, al 1848, signà l'abolició de l'esclavitud a les colònies franceses.

Aragó despertaria l'admiració de personatges rellevants de l'època, tal és el cas de Jules Verne a qui inspiraria alguns episodis de les seves novel·les, amb vincles amb les Illes Balears, com per exemple a *Hector Servadac: voyages et aventures a travers le monde solaire* publicada l'any 1877<sup>5</sup>, en la qual el pas d'un cometa arrabassa fragments de la Terra. Quan els protagonistes, que volen per l'espai, pensant que encara estan a la Terra, cerquen les Balears amb la vista i només veuen un penyal de Formentera. Un savi els explica el que ha passat; aquest savi en totes les seves explicacions invoca l'autoritat de Francesc Arago.

Una altra obra de Jules Verne, ubicada aquest cop a l'illa de Mallorca, és *Clovis Dardentor* (Fig. 3) publicada a l'any 1896<sup>6</sup>. El protagonista, Clovis Dardentor, en ruta de Marsella a Alger, fa escala a Mallorca; visita la ciutat de Palma<sup>7</sup> i des del castell de Bellver, Dardentor estableix un diàleg amb el guia local que glorifica la persona d'Aragó:

- ¡Sí!- dijo Clovis Dardentor.- Sería preciso permanecer aquí semanas, meses.
- ¡Ah!- respondió el guía, que sabía muchas anécdotas;- es precisamente lo que pasó a un compatriota de ustedes.
- ¿Cómo se llamaba?- preguntó Marcel Lornans.
- Francisco Arago.
- Arago... Arago...-exclamó Clovis Dardentor;- una de las glorias de Francia.
- Arago -repetía Clovis Dardentor.- ¡Arago, el célebre hijo de Estagel, el glorioso hijo de mis Pirineos Orientales!

5 Hem consultat l'edició digitalitzada de la Bibliothèque nationale de France: VERNE, J., 1877. *Hector Servadac: voyages et aventures a travers Le Monde Solaire*. Paris: J. Hetzel.

6 Hem consultat l'edició digitalitzada de la Bibliothèque nationale de France VERNE, J., 1896. *Clovis Dardentor*. Paris: J.Hetzel.

7 Per altra part, la descripció de Palma del text de Verne és possible que procedís de les diverses guies i descripcions aleshores disponibles.

En un altre fragment, amb certa resignació, Verne que ja pensava en metres, feia referència a les unitats de mesura local:

«Desanduvo el grupo lo andado subiendo por la calle dicha, de unos trescientos metros de longitud, o sea mil seiscientos palmos, para contar a la mallorquina.»<sup>8</sup>



**Figura 3.** Il·lustració de la novel·la de Jules Verne *Clovis Dardentor* on es pot observar la Seu de Mallorca. Font: Bibliothèque nationale de France.

<sup>8</sup> L'any 1837 s'abolien, en teoria i de manera oficial, les unitats de mesura tradicionals, pocs anys abans de l'adopció oficial del sistema mètric decimal a Espanya (R O de 22 de juliol de 1849).



Un altre personatge il·lustre en la trajectòria d'Aragó era Alexander von Humboldt (1769-1859), considerat un dels pares de la Geografia moderna, que va ser un ferm admirador d'Aragó. Humboldt escrigué el pròleg a la biografia d'Aragó, *Histoire de Ma Jeunesse* (1854), i va mantenir una important relació epistolar amb Arago durant més de quaranta anys. Aquesta correspondència fou recollida per Pierre Laugier (1864-1907), nebot d'Aragó i de professió actor. A *Correspondance d'Alexandre de Humboldt avec François Arago* (1809-1853) es recullen un total de 124 cartes entre Alexander von Humboldt i François Arago; del seu contingut se n'extreu el gran afecte que existia entre ells. En una de les cartes, Von Humboldt preocupat per la salut del seu amic, escriu: «*Tu sais que je t'observe comme une planète dans sa course lumineuse*». No menys interessant és quan parlen d'història de la cartografia, fent referència a l'Atlas Català de 1375, al cardenal mallorquí Antoni Despuig o al mallorquí Felip Bauzá<sup>9</sup>, insigne cartògraf de l'expedició Malaspina.

En definitiva, Arago representa una personalitat importantíssima del coneixement i de la cultura del segle XIX. En la seva trajectòria, com veurem, hi tindrà un paper rellevant la seva visita a les Illes Balears.

## LES ILLES BALEARS: EL TRIANGLE 17

Com hem indicat, la mort sobtada de Méchain el setembre de 1804 provocaria l'entrada d'Aragó dins la campanya per prolongar la mesura del meridià de París fins a les Balears, si bé encara haurien de passar uns anys fins que Arago arribés per primer cop a Eivissa, per passar posteriorment a Formentera i a Mallorca. Saltar del continent fins a les Balears tenia sentit per tal de mesurar el triangle número 16. Aquest triangle tenia el seu vèrtex peninsular a la serra de Montgó, a Alacant (752 m); el tancaven els vèrtex de Can Talaiassa (Fig. 4), a Formentera (197 m), i d'Es Camp Vell, a Eivissa (401 m).

Així, dia 12 de març de 1807, Arago, a bord del vaixell místic *Terrible* arriba a Eivissa. Ho fa acompanyat pel físic, matemàtic i astrònom francès Jean-Baptiste Biot (1774-1862), dotze anys major que Arago, un home disposat a l'aventura, que fou capaç d'enlairar-se amb un globus aerostàtic amb el químic i físic Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850). La resta de l'equip estava format pels astrònoms espanyols José Rodríguez (1770-1824) i José Chaix (1766-1811).

Durant la campanya a Eivissa, els dos científics francesos acaben de mesurar el triangle 16 i un cop finalitzats els treballs tornen a la Península, on aprofiten per dur a terme ajustaments de les mesures preses fins el moment. Arago torna a les Balears i aquest cop ho fa a Formentera el mes de novembre de 1807. Juntament amb Biot, s'allotjaren a Can Talaiassa, al Pilar de la Mola. Anys després, l'arxiduc Lluís Salvador, en el seu pas per Formentera, escriuria

<sup>9</sup> Bauzá i Humboldt també tingueren contactes personals.

«Can Talayasa es la finca y casa de mayor cabida e importancia de la Mola. Pertenece a la familia Mayans que pasa por ser también la más acomodada y una de las más respetables de la comarca, familia que se halla constituida, por decirlo así, de un modo patriarcal, pues ofrece la particularidad de que los hijos del que es cabeza de la misma, no se emancipan en cierta manera nunca de su paterna autoridad. Contraen matrimonio y continúan viviendo en casa con sus mujeres y prole. Cásense los nietos y se quedan también en ella como sus padres y así sucesivamente. En la actualidad y desde hace ya algunos años, se compone la familia de 22 individuos y su jefe, hijo primogénito de Bartolomé Mayans Ferrer, que lo era en tiempo de Biot, cuenta la edad de 90 años». Sembla que l'Arxiduc anticipà el futur donat que, avui, 150 anys després, Can Talaiassa no ha canviat de família; segueix sent propietat de la família Mayans, al front de la qual es troba Bartomeu Mayans<sup>10</sup>, descendent de Bartolomé Mayans Ferrer.



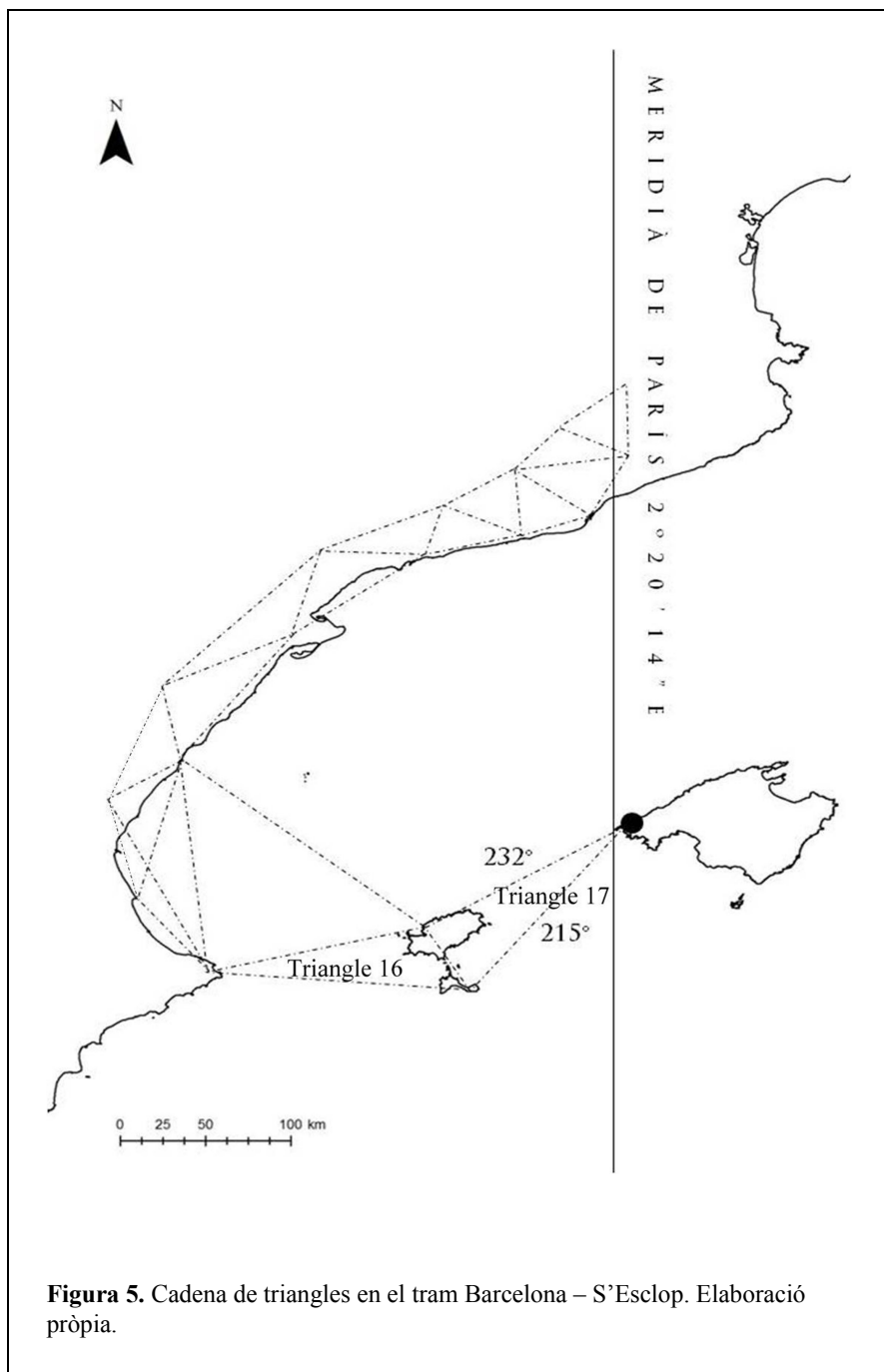
**Figura 4.** Vèrtex Geodèsic a Can Talaiassa, Formentera, on els científics Aragó i Biot determinaren la seva latitud. Fotografia: Joan Bauzà.

L'estada a Formentera d'Aragó i Biot va servir per tancar el triangle 16 i per començar el triangle 17, situat entre Formentera, Eivissa i Mallorca. Paral·lelament, servirà per calcular la latitud a Can Talaiassa, a La Mola, que és l'extrem més al sud del meridià de París dins la cadena de triangles des de Dunkerque (Fig. 5). Aragó i Biot treballaran junts entre el novembre de 1807 i

<sup>10</sup> Durant el mes de setembre de 2013 vàrem tenir l'oportunitat de visitar a Bartomeu Mayans i ens va confirmar que Can Talaiassa sempre havia pertangut a la seva família.



l'abril de 1808, una estada relativament llarga que demostrarà l'alt nivell tècnic i científic adquirit pels dos astrònoms.



**Figura 5.** Cadena de triangles en el tram Barcelona – S'Esclop. Elaboració pròpia.

Per calcular la latitud, ho faran a partir de l'estrella Polar, utilitzant un cercle de reflexió o de Borda<sup>11</sup>. Aragó i el seu equip foren perseverants, tal vegada conscients de que havien arribat al punt més meridional d'una tasca començada feia anys. Realitzaran fins a 1250 mesures de la Polar, cada una enregistrada amb cura, complementada amb dades de temperatura i pressió atmosfèrica. Així, fent una mitjana de totes les mesures, estableixen la latitud a Can Talaïassa a 38° 39' 56,00" N<sup>12</sup>.

## ARAGÓ I MALLORCA

Un cop establerta la latitud a Formentera, el mes d'abril de 1808, Jean-Baptiste Biot parteix amb totes les mesures cap a París mentre que Aragó, dia 8 d'abril, s'embarca cap a Palma. Des d'un punt de vista científic, un cop tancat el triangle 16, amb el seu vèrtex més meridional a Formentera, no és necessari continuar la triangulació cap a Mallorca per mesurar el meridià. De fet, la longitud del metre no es modificarà després de la construcció del *Mètre des Archives* l'any 1799, és a dir, no incorpora els resultats de les mesures del meridià fins a Formentera fetes per Biot i Aragó.

Per tant, l'arribada a Palma, dia 9 d'abril, en un moment geopolític convuls, planteja el dubte de perquè Biot abandonaria l'expedició i retornaria a França mentre que Aragó s'embarcaria cap a Palma per tal de mesurar el vèrtex mallorquí del triangle 17, ubicat a la mola de s'Esclop. Una resposta seria que, amb aquest vèrtex, a més d'aconseguir la unió geodèsica precisa de Mallorca amb el continent, es mesurava un arc de paral·lel des de s'Esclop a la costa Valenciana de 300 km, que suposa un millor coneixement de la forma de la Terra.

Cal recordar l'interès de Napoleó de dominar els ports espanyols del Mediterrani, així com els del nord d'Àfrica, per tal de poder actuar en un futur contra les possessions dels anglesos en el Pròxim Orient. Així, aprofitant que el govern de Ferran VII donà l'esquena a Algèria, pendent de les possessions d'Amèrica, França duia a terme una expedició contra Alger amb l'excusa d'acabar amb el corsarisme. Aquest fet, havia estat precedit de les tasques d'espionatge per part del coronel Vincent-Yves Boutin<sup>13</sup>, al servei de Napoleó i amagat darrera un perfil de fals diplomàtic. Boutin elabora una cartografia amb una dotzena de mapes i un informe tècnic que seria de gran utilitat durant

---

11 El cercle de Borda, antecessor del teodolit, tenia un precisió d'un segon. Fou inventat el 1775 pel matemàtic francès Jean-Charles de Borda.

12 La relació de taules amb totes les mesures es va publicar a París al 1821 a *Recueil d'Observations Géodésiques, Astronomiques et Physiques exécutées par ordre du Bureau des Longitudes de France en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse, pour déterminer la variation de la pesanteur et des degrés terrestres sur le prolongement du Méridien de Paris*. Par MM. Biot et Aragó. Ed. Huzard-Courcier.

13 Vincent-Yves Boutin (1772 Le Loroux-Bottereau, Nantes - 1815 Síria) fou coronel francès durant el Primer Imperi.

la preparació de la conquesta. L'argúcia de fals diplomàtic ja havia estat experimentada amb anterioritat, no tan sols per França, sinó en paral·lel per Manuel Godoy (1767-1851), primer ministre durant el regnat de Carles IV, en la persona de Domènec Badia<sup>14</sup> (Bouzekri, 2011-2012).

En paral·lel, i en relació a les Balears, la figura d'André Grasset de Saint-Sauveur, comissari de relacions comercials i cònsol de França a les Illes Balears entre 1800-1808, ha estat considerat un enviat de Napoleó per estudiar a fons el territori de les Illes de cara a una possible invasió per part de l'exèrcit francès. Després de la seva estada a les Balears, Grasset escriurà *Voyage dans les illes Balears et Pithiuses* (1807). Grasset fa una minuciosa descripció de tots els ports insulars, amb els detalls de batimetria i vents dominants –dades essencials de cara a un desembarcament. Al mateix temps, aporta referències a aspectes estrictament militars com és el cas de la descripció d'Alcúdia: «*La antiga murada encara roman dempeus, però ja no oferiria cap tipus de defensa. La ciutat és residència d'un coronel invàlid, que en té el comandament, la tropa consisteix d'una trentena de soldats*» (Grasset, 2002). Grasset estava acompanyat per la figura d'un vicecònsol, Basilio Canut. Segons Ortega Chapel (1999), a partir de les memòries d'Helene Choussat<sup>15</sup>, es té constància que Aragó tingué contacte amb Canut.

És possible que Aragó fos requerit per viatjar a Mallorca, amb l'excusa de prolongar les tasques de triangulació, però amb l'oculta missió d'informar a Napoleó. Tanmateix Aragó mai parlarà d'aquesta possibilitat, i si examinem l'observatori al cim de la moleta de s'Esclop, observam que està perfectament orientat, amb el portal enfilant a Eivissa i Formentera i amb el finestral lateral cap a l'arxipèlag de Cabrera. La possibilitat de dur a terme senyals òptiques des del cim de s'Esclop amb les tropes franceses a Catalunya no és factible amb el castell de Montjuïc. Situat aquest a 192 m no permet vèncer, degut a la curvatura de la Terra, els 200 km entre s'Esclop a Mallorca i Barcelona; en canvi, si l'observador se situés al Tibidabo, a 512 m, el contacte visual –en condicions de visibilitat atmosfèrica favorables- sí seria factible.

En tot cas, com hem dit, quan Aragó arriba a Mallorca, el 9 d'abril de 1808, és un moment convuls. Pocs dies abans, Gaspar Melchor de Jovellanos havia estat alliberat del seu empresonament a Palma. La ciutat vivia importants aldarulls contra el ministre Soler<sup>16</sup>, natural de Sa Pobla i a les ordres de Godoy. Tot i la situació, Aragó roman a Palma fins a finals d'abril i dia 1 de maig puja cap a s'Esclop, un cim que a més de la seva altitud de 926 m resta proper al pas del meridià de París, que passa per l'illa de sa Dragonera (Fig. 6). És probable que de camí a s'Esclop fes nit a les cases de Galatzó. Aragó s'instal·laria a les cases de s'Esclop, una construcció humil,

14 Domènec Badia (1766 Barcelona – 1818 Damasc), conegut com Ali Bey ben Uthman al-Abbasí, fou un espia, arabista i aventurer català.

15 Helene Choussat (1810-1896) arribà a Mallorca el 1829 quan el seu pare fou destinat al consolat francès. Va romandre a l'illa tota la vida i conegué Chopin.

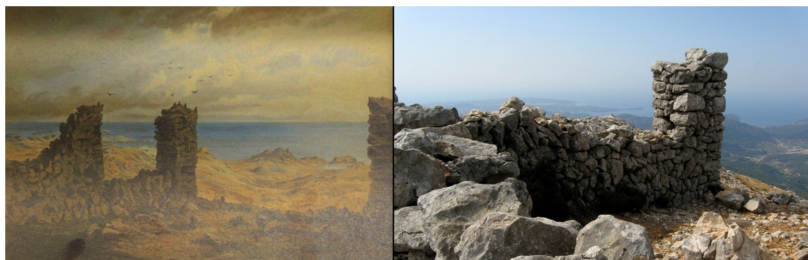
16 Miquel Gaietà Soler i Rabassa (Palma, 1746 - Malagón, 1808) Ministre d'hisenda d'Espanya amb el govern de Godoy. Moriria assassinat a Malagón, Ciudad Real, en ser confós amb un afrancesat.

avui en runes, a la plana que hi ha just baix del cim de la Mola. En el cim tenia el seu observatori, des d'on havia d'acabar les tasques de mesura del triangle 17 entre s'Esclop (Mallorca), Es Camp Vell (Eivissa) i La Mola (Formentera).



**Figura 6.** El meridià de París passa per l'illa de Sa Dragonera, en el camí al Far de Tramuntana. Fotografia: Joan Bauzà.

L'estada fou curta ja que els esdeveniments que començaren (2 de maig de 1808) amb la Guerra del Francès, precipitaren que hagués d'abandonar l'observatori (Fig. 7) i sortir de l'illa. És un fet conegut, que Aragó, a la seva biografia *Histoire de ma jeunesse* (1854), explica com va aconseguir salvar la seva vida durant la fugida de s'Esclop: «Hi havia el rumor entre la població de que m'havia establert allà –a s'Esclop– amb l'objectiu d'afavorir l'arribada de l'exèrcit francès, i que degut a aquest fet, cada nit feia senyals. Aquests rumors no es tornaren amenaçadors fins l'arribada a Palma, el dia 27 de maig de 1808, d'un oficial d'ordenances de Napoleó. Aquest oficial era el Sr. Berthemie i portava l'ordre de que l'esquadra fondejada a Maó havia de partir de forma immediata cap a Toulon. [...] El poble se'n recordà aleshores del francès que vivia en es Clop [sic] de Galatzó, i immediatament es va organitzar una expedició popular amb la intenció d'apoderar-se d'ell. El sr. Damià, patró del místic que el govern espanyol havia posat a les meves ordres, es va avançar i me dugué roba amb la qual passar desapercebut. Mentre me dirigia a Palma, en companyia de l'honrat mariner, ens toparem amb la revolta que venia a cercar-me. No em reconegueren, gràcies a que parlava el mallorquí perfectament».



**Figura 7.** Observatori de François Aragó a la moleta de s'Esclop. Imatge de l'obra *Die Balearen* de l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria i una imatge actual (Joan Bauzà).

En arribar a Palma, Aragó seria descobert i ell mateix es lliurava a les autoritats per evitar ser linoxat per la multitud que l'havia identificat. Quedà empresonat al castell de Bellver fins que aconseguí pactar amb les autoritats la seva fuga. Així, dia 28 de juliol de 1808, partia acompanyat pel patró Damià i l'oficial Berthemie<sup>17</sup>, cap a Alger, amb escala a l'illa de Cabrera.

La idea d'anar a Alger era per poder agafar, tant prest com pogués, un vaixell en direcció a França. L'operació semblava controlada, però per diverses circumstàncies, el viatge de retorn es va endarrerir fins a dia 2 de juliol de 1809, quan Aragó arribaria finalment a Marsella. Com explica Aragó «*Avui dia, per anar d'Alger a Marsella, hi ha quatre dies; jo, tot i així, havia estat onze mesos per fer aquella mateixa travessa*».

Aragó també conta que el vespre abans de la seva partida d'Alger cap a Marsella, un corsari va dipositar, en el consolat francès, la correspondència de Mallorca, que havia robat a un vaixell del qual s'havia apoderat: «*era la col·lecció completa de cartes que els habitants de les Balears escrivien als seus amics del continent*».

- *Teniu –em va dir el senyor Dubois-Thainville i que era el cònsol francès; amb això podreu entretenir-vos durant el viatge; obriu i llegiu totes aquestes cartes i veieu si tenen algunes informacions que puguin servir-nos per ajudar els desgraciats soldats que moren, en la pitjor de les misèries, desesperats, a l'illa de Cabrera.*

Cal recordar que per aquelles dates, mentre Aragó intentava tornar a França, Cabrera s'havia convertit en presó de soldats francesos i dels seus col·laboradors.

---

<sup>17</sup> M. Berthemie fou un oficial francès a les ordres de Napoleó que arribà a Palma i que fou empresonat juntament amb Aragó.

- *Quan vaig pujar a bord del vaixell, vaig anar per feina i vaig complir sense escrípols ni remordiments la tasca d'un empleat de censura. Hi vaig trobar algunes comunicacions, en els quals l'almirall Collingwood deia al govern espanyol la facilitat amb què es podria dur a terme el rescat dels presoners.*

El periple del jove Aragó a les Balears havia durat poc més d'un any, entre el 12 de març de 1807 i el 28 de juliol de 1808. Un temps relativament breu, però suficient per tancar les tasques de mesura encomanades i aconseguir retornar al seu país, on el futur li oferia una important carrera científica i política.

A l'edat de 68 anys, a la seva biografia, *Histoire de ma jeunesse* (1854), Aragó escrivia amb enyorança: «*En el moment que escric aquestes línies, envellit i invàlid, amb dues cames que no em sostenen, el meu pensament, de forma involuntària vola cap a aquella època de la meua vida en la que, jove i fort, resistia a les majors fatigues i caminava dia i nit per les comarques muntanyoses que separen els regnes de València i de Catalunya del regne d'Aragó, per anar a restituir les senyals geodèsiques que els caps de fibló havien tomat*».

## CONCLUSIONS

Aragó visqué una vida intensa, en la seva vellesa arribà a dir «*la meua vida ha estat una aventura*» tancant un cicle vital, marcat per la Revolució Francesa. En certa manera, Aragó cresqué il·lustrat però morí romàntic. Queda fora de dubte la seva capacitat científica per dur a terme les tasques encomanades, aptitud però també actitud, necessària davant les vicissituds dels projecte i del moment. Aragó, en gran mesura, es nodrí d'un esperit aventurer, i fins i tot temerari, intrínsec de la seva joventut.

Aragó tenia fam de coneixement i de canviar el món; la seva biografia en dóna fe. Gràcies a ell, les Illes Balears formaran part, per sempre, d'un fet rellevant dins la història de la ciència, que es mereix ser recordat i apreciat.

Paradoxalment, malgrat la magnitud de la tasca de continuar mesurant el meridià de París, el metre com a representació d'una deumilionèsima part de la longitud d'un quart del meridià de París, definició de l'any 1791, havia quedat establert l'any 1799 amb el *Mètre des Archives*. Els patrons posteriors seran representacions més precises del mateix metre amb el seu error original. Per tant, la continuació de la mesura del meridià de París per Méchain, Aragó i Biot no serviria per modificar el valor de metre, millorant la seva precisió, si bé, va suposar la comprovació directa, per part dels astrònoms, que la Terra està aplanada pel pols.

## **AGRAÏMENTS**

Antoni Ginard Bujosa (Departament de Ciències de la Terra de la UIB).

## **REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES**

- Alder, K., 2002. *The Measure of All Things: The Seven-Year Odyssey and Hidden Error That Transformed the World*. Free Press, New York.
- Aragó, F., (edició de 2000). *Història de la meva joventut: viatge científic a Mallorca, a les Pitiüses i al País Valencià*. Palma: Artífex cultural.
- Bayart, P., 2012. *El Meridià Blau: el meridià de Formentera*. Eivissa: Editorial Mediterrània. Eivissa.
- Bouzekri, N., 2011-2012. *Derrotados, desterrados e internados. Españoles y catalanes en la Argelia colonial ¿La memoria olvidada o el miedo a la memoria? (1936-1962)*. Dirigida per la Dra. María Gemma Rubí i Casals. Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Història Moderna i Contemporània.
- Débarbat, S., Ten, A.E., éditeurs (1993). *Mètre et Système Métrique*. Observatoire de Paris et Instituto de Estudios Documentales sobre la Ciencia, Universidad de Valencia.
- Grasset de Saint-Sauveur, A., 2002. *Viatge a les Illes Balears i Pitiüses*. Palma: Lleonard Muntaner.
- Laugier, P., 1907. *Correspondance d'Alexandre de Humboldt avec François Arago*. Paris: E. Guilmoto.
- Llabrés Bernal, J., Pou Muntaner, J. (edició digital 2012). *Noticias y relaciones históricas de Mallorca: Siglo XIX*. Palma: Societat Arqueològica Luliana (esal #1).
- Moreu-Rey, E., 1956. *El naixement del metre*. Palma: Moll.
- Ortega Chapel, E., 1999. *François Arago y Mallorca: la prolongación del meridiano de París a las Baleares: 1803-1808*. Palma: Miquel Font.





# Charles Darwin: la seva vida, el seu viatge, el seu entorn i les seves obres

Guillem X. Pons

---

Pons, G.X. (2016). Charles Darwin: la seva vida, el seu viatge, el seu entorn i les seves obres. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 165-209. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** L'any 2009 fou declarat Any Darwin en commemoració del segon centenari del naixement de l'insigne científic, així com del cent cinquantè aniversari de la publicació de la seva obra cabdal sobre l'origen de les espècies. Distintes entitats participaren en aquesta efemèride. La Societat d'Història Natural de les Balears també ho va fer. Entre els personatges que varen canviar el món amb les seves idees, Charles Darwin fou un dels seus protagonistes. En aquest article es donen uns pinzellades sobre la seva vida i el seu entorn familiar, un breu resum del seu viatge amb en Beagle i les seves obres. Les Illes Galápagos, així com altres indrets, foren clau per a l'elaboració de les teories evolutives. També s'ha volgut fer un repàs sobre els antecedents de l'evolucionisme, els seus col·laboradors científics més propers i la implantació d'aquestes teories a les Illes Balears.

## INTRODUCCIÓ

L'any 2009 fou declarat Any Darwin en commemoració del segon centenari del naixement de l'insigne científic, així com del cent cinquantè aniversari de la publicació de la seva obra cabdal sobre l'origen de les espècies.

La importància d'aquesta efemèride, que se celebrà arreu del món, no va passar desapercebuda a les Illes Balears. Des del Comitè Any Darwin a les Illes Balears de la Universitat de les Illes Balears i també amb la participació d'altres entitats com la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) es van voler impulsar distints actes de divulgació, com ara, cicles de conferències (internacionals però també a instituts, a centres de cultura, a ajuntaments, a centres universitaris,...), una exposició itinerant (Pons, 2009), amb tres rèpliques que s'exposaren simultàniament amb l'activa participació de la SHNB, tres simpòsiums internacionals (*Darwin 150 anys de la teoria de l'evolució*, *Sobre Illes i evolució* o *150 després de Darwin: de l'evolució molecular fins al llenguatge*), distints cicles de cinema sobre Darwin i les teories darwinistes, debats, taules rodones, activitats escolars durant l'estiu per explicar la biodiversitat i evolució a es Carnatge, presentació de llibres sobre Darwin, dos cursos de formació de professorat de secundària, creació d'un premi al millor treball Darwinista per a alumnes de secundària, presència a la Fira de la Ciència i a la Setmana de la Ciència, edició d'un DVD, *Darwin La millor que tenim*, publicacions de revistes o monogràfics, com ara, Pissarra (Rosselló i Pons, 2009) i un volum especial de la revista de l'Institut d'Estudis Balearics (Rosselló i Pons, 2010; Pons, 2010), presència a mitjans de comunicació, inauguració d'un carrer al municipi de Palma amb el seu nom,... en total més de 250 d'actes i activitats programades al llarg d'aquest any (Fig. 1) i la implicació de molts d'investigadors i de professors de la UIB i



**Figura 1.** Tres de les múltiples activitats realitzades durant l'Any Darwin: edició d'un monogràfic de l'Institut d'Estudis Balearics, edició de la revista Pissarra i un congrés internacional sobre illes i evolució realitzat a Maó (Menorca).

naturalistes. Aquesta i altres informacions encara es poden consultar a l'adreça [www.anydarwin.cat](http://www.anydarwin.cat).

El Comitè Científic de l'Any Darwin a les Illes Balears estava constituït per: Dr. Joan March (Grup d'Investigació d'Història de la Salut); Dr. Guillem X. Pons (Departament de Ciències de la Terra-Grup d'Investigació d'Història de la Salut); Dra. Misericòrdia Ramon (Grup de Genètica Humana); Dr. Jaume Rosselló (Grup d'Evolució i Cognició Humana) i Dr. Bernat Sureda (Grup d'Història de l'Educació). El Comitè Organitzador: Antoni Amengual, Camilo J. Cela Conde, Felip Cirer, Pascual Comín, Pere Crespí, José A. Cuesta, Cristòfol Guerau, Antoni Gamundí, Antoni M. Grau, Susanna C. Manrubia, Joan March, Hipólito Medrano, Alan J. Mckane, Antoni Miralles, Carme Orte, Valentín Pérez-Mellado, Eduard Petitpierre, Guillem X. Pons, Catalina Ramis, Misericòrdia Ramon, Guillem Ramon, Pilar Roca, Jaume Rosselló, Bernat Sureda, Bàrbara Terrassa, Josep Miquel Vidal.

La celebració de l'any Darwin a tot el món va tenir també un efecte multiplicatiu vers la divulgació de la seva vida, la seva obra i les seves idees. El Bolletí de la SHNB també va retre homenatge amb la publicació d'una editorial (Tambussi, 2009).

A hores d'ara, parlar de la repercussió de les tesis darwinistes i neodarwinistes en l'àmbit de les ciències de la vida podria semblar una obvietat. L'assumpció de múltiples aspectes de l'evolucionisme en molts d'àmbits de generació de coneixement, incloses les ciències socials i les humanitats és una realitat. De fet, la perspectiva evolucionista que Darwin impulsà es va integrar en àmbits ben diversos, modificant l'epistemologia i la perspectiva metateòrica de moltes branques de coneixement, impulsant la creació de noves disciplines científiques i professionals, redirigint l'enfocament tradicional d'altres ja existents i propiciant arreu l'eclosió de nous models explicatius. Per altra banda, aquest nou factor comú ha afavorit sovint una convergència disciplinar en l'estudi de la realitat que ens envolta. Així mateix, la penetració social dels postulats evolucionistes, no sempre ben interpretats, ha suposat un impacte sense precedents en l'anomenat coneixement popular, capgirant de forma gradual (però no exempta de controvèrsia) la cosmovisió de la gent i influint de forma notable en llur manera d'entendre la vida.

Moltes de les activitats preparades durant aquest any, han comptat amb una vida efímera. Una conferència, un debat, una pel·lícula,...ben aviat queden difuminades en el record. Una vida efímera també és un insecte lligat a cursos d'aigua que té una vida adulta just d'unes quantes hores, i Darwin també en parlà als seus textos i la utilitza com a metàfora de la nostra vida al llarg de la història de la Terra. L'objectiu de recollir la informació oferida en una conferència és doncs poder recordar algunes de les idees que s'han anat comentant durant aquest cicle de conferències, amb un suport escrit amb una vida mitjana més longeva (*L'origen de les espècies* ja té 156 anys). Cal destacar també l'edició de la web Darwin online (<http://darwin-online.org.uk/>).

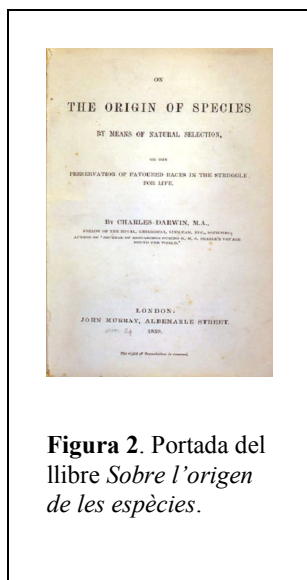
## ILLES I EVOLUCIÓ

La insularitat ha estat un element atractiu per a l'estudi de les biotes. Charles Darwin a les Galápagos a mitjans del segle XIX o l'arxiduc Lluís Salvador Habsburg-Lorena a finals del segle XIX com a marc geogràfic de les Illes Balears realitzaren estudis sobre aquests ambients.

Darwin fou un avançat que publicà tota una sèrie de tractats que són, avui en dia, obres clàssiques de la literatura científica.

La primera edició de *The Origin of Species* es va vendre íntegrament el dia de la seva publicació, el 24 de novembre de 1859, ara fa 150 anys (Fig. 2). El gener de 1860 ja estava enllestida una segona edició, i el llibre veié un total de sis edicions durant la seva vida (Leakey, 1994). Des de la seva primera aparició s'ha estat imprimint i s'ha traduït a més de 30 idiomes. L'origen de les espècies es va escriure per un públic culte de l'època de Darwin. Fou un llibre important en la seva època i avui en dia conserva aquesta vigència. La teoria de l'evolució és la pedra angular de la biologia moderna així com d'altres disciplines científiques.

Malgrat tot, Darwin no fou la primera persona en proposar que les espècies de plantes i animals poden canviar amb el temps. En el darrer quart de segle XVIII el seu avi, Erasmus Darwin, va escriure un tractat sobre l'evolució, i poc després, durant 1809, el naturalista francès Jean-Baptiste de Lamarck va publicar *Philosophie zoologique*, que incloïa les seves pròpies especulacions sobre la mutabilitat de les espècies biològiques. De fet, el propi Darwin assenyalà no menys de 20 predecessors que havien escrit sobre aspectes de l'evolució. Però, la importància de Darwin radica en que ell va seleccionar amb tota cura i de forma sistemàtica tots els exemples i proves que suggeririen aquesta teoria. Quan era jove havia passat cinc anys extraordinaris com a naturalista a bord del Beagle (1831-1836). Durant aquest llarg viatge, donant la volta al món, Darwin es va transformar en un excel·lent naturalista, observant la natura, recol·lectant espècimens i pensant constantment sobre els molts fenòmens geològics i biològics amb els quals es va trobar. Durant 1837 ja va començar a dubtar sobre la immutabilitat de les espècies, i encara que des de 1837 fins al 1859 va estar enfeinat amb moltes altres tasques científiques, aquesta qüestió de l'origen de les espècies (els científics del seu temps ho anomenaven el misteri dels misteris) es plantejava amb freqüència. Durant aquests anys va llegir, va meditar i va reflexionar sobre aquest tema i finalment va escriure aquest llibre.



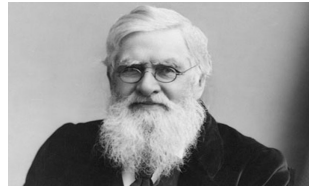
**Figura 2.** Portada del llibre *Sobre l'origen de les espècies*.

Altres contemporanis de Darwin també li proporcionaren noves idees. Així, Darwin es topà amb la idea de selecció natural el 1838, després de llegir *An Essay on the Principle of Population*, de Thomas Malthus (1776-1834), un capellà i economista polític de principis del segle XIX. Malthus s'ocupava principalment de les poblacions humanes, però assenyalava que és un principi general de la naturalesa el que els éssers vius produeixen més descendents dels que normalment es podria esperar que sobrevisquessin fins a l'edat reproductora. A la naturalesa succeeix igual, una alzina produeix molts d'agllans, cada un dels quals, potencialment, podria convertir-se en una alzina adulta. Malgrat aquesta capacitat reproductora massiva, les poblacions adultes, els alzinars, tendeixen a restar estables d'una generació a la següent.

Darwin pensà que podia haver una selecció entre els descendents per decidir qui sobreviuria i qui no podria sobreviure. Cada un dels membres d'una espècie varia lleugerament respecte als altres, aquells individus que posseeixen certes característiques que els proporcionen avantatges, en l'obtenció d'aliments, o per fugir dels depredadors, per exemple, tindran una major probabilitat de supervivència.

Paral·lelament a les reflexions de Darwin, el naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913) va descobrir i descriure la selecció natural de forma independent (1858), abans que Darwin publicàs els resultats de les seves reflexions (Fig. 3). Wallace no coneixia personalment a Darwin, però sabia de la seva reputació com a naturalista expert, amb opinions un poc heterodoxes, i ja havien mantingut correspondència. Wallace ja li havia enviat un assaig curt titulat *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from Original Type*

(Sobre la tendència de les varietats de separar-se indefinidament del tipus original), en el que explicava els principis de selecció natural, sense conèixer que Darwin ja havia descobert la selecció natural. Amb la carta que acompanyava l'assaig, Wallace li demanava que el llegís i que, si valia la pena, també ho fes arribar a Charles Lyell (1797-1875), un insigne geòleg amic de Darwin. Darwin no sabia què havia fer, però Lyell i Joseph Hooker, que simpatitzaven amb els seus punts de vista i que feia ja temps que l'animaven a publicar les seves reflexions, aconseguiren que el juliol de 1858 es llegís una memòria conjunta de Darwin i Wallace en la Linnean Society, i que posteriorment es publicà al *Journal of the Linnean Society* de 1858. Tant Darwin com Wallace es comportaren molt generosament, i encara que Wallace era un naturalista molt reconegut no deixà mai d'atorgar a Darwin el reconeixement com a primer descobridor del principi de selecció natural. Igual que Darwin, Wallace havia arribat al concepte de selecció natural gràcies als



**Figura 3.** Alfred Russel Wallace (1823-1913).

textos de Malthus. Com a resultat dels esforços del propi Wallace, Darwin va deixar de banda un extens llibre sobre la selecció natural que havia començat a escriure durant 1856 (i que mai no acabà) i, en el seu lloc, va dirigir les seves energies cap a una obra més curta sobre l'evolució. Aquest llibre més curt fou *Sobre l'origen de les espècies*, en el qual ordenava les proves a favor de l'evolució i descrivia un mecanisme mitjançant el qual poden formar-se noves espècies.

Bona part d'aquestes reflexions que el conduïren a escriure aquest i altres llibres foren inspirades en algunes etapes del seu llarg viatge amb el Beagle fent la volta al món. En aquest cinc anys de viatge, les illes, foren etapes clau per esbrinar processos biogeogràfics: colonització d'un espai i evolució. Entre les illes visitades, les Galápagos tingueren un paper clau per conèixer i veure, a un laboratori natural, l'evolució de les espècies.

## **L'ENTORN FAMILIAR DE CHARLES DARWIN**

El seu pare, Robert Waring Darwin, era un famós metge rural, membre de la Societat Reial de Londres. Era un pare dominant, per qui Charles sentia gran afecte, admiració i sobretot respecte. Quan Charles Darwin parlava del seu pare, li agradava començar amb la frase: «*El meu pare, que va ser l'home més savi que he conegut*». Robert Waring Darwin era fill del cèlebre metge, botànic i poeta Erasmus Darwin, eminent pels seus coneixements de ciència, literatura i filosofia. Erasmus Darwin havia exposat el 1794 en la seva obra *Zoonomia, or the Laws of Organic Life*, idees sobre l'evolució biològica, que encara eren vagues i incertes, donat el nivell assolit per la biologia de llavors.

Charles Robert Darwin va néixer el 12 de febrer de 1809 a Shrewsbury, a l'oest d'Anglaterra. Llavors, Shrewsbury era una ciutat d'uns 20 000 habitants situada al camp. Charles Darwin va ser el cinquè de sis germans i la seva mare va morir quan ell tenia 8 anys. En anys posteriors només recordarà de la seva mare el seu llit de mort, el seu vestit negre de vellut i la seva original taula de treball.

Des dels nou fins als setze anys, Darwin va realitzar els seus estudis elementals a l'Shrewsbury School. Segons el costum de llavors, a l'escola li van ensenyar només llatí, grec i algunes nocions d'història antiga; complia amb els seus deures i s'aprenia diàriament 40 o 50 línies d'Homer i Virgili, encara que les oblidava aviat. A l'escola, Charles sentia aversió per aquestes matèries, per les preguntes rutinàries i les respostes de recepta. No obstant això, tan aviat com un tema suscitava la curiositat, intentava dominar-lo. Es va interessar per la geometria euclidiana, que va conèixer per un professor particular, per problemes de ciències naturals, dels quals no s'ensenyava res a l'escola, i per la pintura, la música, Shakespeare, Milton, Wordsworth, Coleridge, Shelley, Scott i Byron. En l'últim any de col·legi va gaudir amb les Odes d'Horaci, a qui admirava.

Charles Darwin sembla haver estat més aviat un somniador abans que un nin prodigi. Des de la seva més primerenca joventut va ser un apassionat amant de la natura. Com ell va dir, «*vaig néixer naturalista*». Qualsevol aspecte de la naturalesa suscitava la seva curiositat, el que va provocar que en una ocasió el seu pare li reprengués:

«*Mai seràs res, l'únic que et preocupa és caçar, els cans i matar rates. Et convertiràs en una vergonya per a tu mateix i per a la família*».

Però Charles preferia col·leccionar animals, conxes, ous, minerals i vegetals i llegir llibres sobre la natura. Durant l'últim any del col·legi, el seu germà Erasmus el va iniciar en els fonaments de la química. En una caseta al jardí van instal·lar un petit laboratori químic, on treballaven fins a altes hores de la nit.

L'any 1825, el seu pare va creure veure en Charles un futur metge, com ell. Quan es presentava l'ocasió el portava a les visites mèdiques. Als 16 anys, el seu pare el va treure de l'escola i el va enviar a estudiar medicina a la Universitat d'Edimburg. No obstant això, no va aconseguir adaptar-se. Totes les assignatures li semblaven avorrides, excepte la química. Les conferències sobre medicina li van semblar particularment «*terribles de recordar*». No podia suportar la visió de la sang i no va poder resistir l'espectacle de dues operacions de nins subjectes amb corretges, sense utilitzar anestèsia, de les que va sortir corrent abans que acabessin. A Edimburg, va tenir com a mentor científic el Dr. Robert Edmond Grant, un entusiasta pel lamarckisme que no va aconseguir contagiar. Encara que Darwin coneixia idees similars, exposades pel seu avi en la seva obra *Zoonomia*, que llavors va rellegir, aparentment no es preocupava per l'origen de les espècies. A Edimburg, Charles Darwin assistia sovint a les sessions de diverses societats científiques a qui ajudava a recollir organismes marins de les zones intermareals. També tingué el professor d'història natural i geologia Robert Jameson, fundador de la Societat Pliniana local per a estudiants, a la qual va pertànyer. Les seves classes les trobava avorrides, fins i tot fa comentaris a la seva autobiografia «*que l'únic efecte que li varen produir aquelles classes fou la determinació de que mai llegiria un llibre de geologia en la seva vida, ni estudiaria aquella ciència...*» Anys més tard, qui ho diria! Darwin, va prendre part en excursions d'història natural i als 18 anys, al començament de 1826, va llegir les seves primeres conferències científiques, a aquesta Societat Pliniana, sobre el descobriment dels anomenats *ous de flustra*, que són larves ciliades, i de certs cossos petits considerats llavors com algues, que són els òvuls d'una sangonera (*Pontobdella muricata*). Això no va agradar al Dr. Grant qui gelós, li va dir que allò era la seva àrea d'investigació i que Darwin havia obrat injustament en publicar-ho.

En aquesta època pagava a un ajudant perquè li ensenyés a dissecar ocells. Aquest ajudant, John Edmonstone (Fig. 4), era un ex-esclau negre, nascut probablement a Demarara (Guyana britànica). Va aprendre taxidèrmia de Charles Waterton, el sogre, Charles Edmonstone (nascut en 1793 a Cardross Park, Dunbarton, Escòcia - 1822, a Demerara, Guyana britànica)

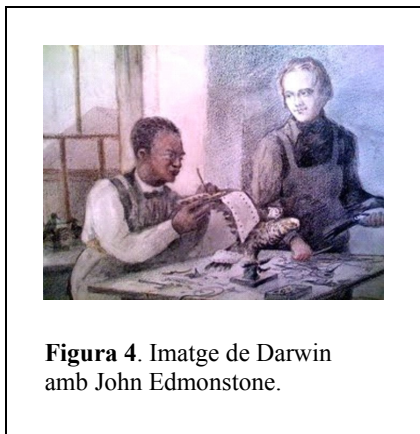
tenia una plantació a Demarara. No se sap amb exactitud la seva data de naixement ni l'any de la seva mort. Després de ser alliberat, John va ser a Glasgow al costat del seu antic propietari, Charles Edmostone. Era habitual que els esclaus alliberats preguessin el llinatge dels seus antics amos. D'allà es va mudar a Edimburg, on va ensenyar taxidèrmia a alguns alumnes d'aquella Universitat. Les conversacions entre Edmostone i Darwin segurament el feren somniar a explorar el bosc humit tropical sud-americà i que, més endavant va poder conèixer aquest entorn, llavors relativament desconegut. Certament, el coneixement que Darwin va rebre d'Edmostone va ser-li de gran utilitat durant el seu viatge a bord del Beagle. Comentar que Edmostone és un dels 100 grans afrobritànics citats per Patrick Vernon.

Gràcies a William MacGillivray, ornitòleg i conservador del Museu d'Història Natural, el seu interès es va dirigir amb més força cap a la zoologia, especialment cap als mol·luscs i altres animals marins. Amb ell va assajar la taxidèrmia i va realitzar alguns petits treballs d'investigació. A la primavera i

estiu de 1827 va emprendre dos viatges amb el seu oncle Jos, primer a Irlanda i després a París, qui es va convertir en un ideal de persona a qui acudir a la recerca de consell. En aquesta casa va conèixer, a la tardor de 1827, el polític i historiador Sir James Mackintosh, qui va comentar: *«en aquest jove hi ha alguna cosa que m'interessa»*.

Quan el seu pare es va convèncer que Charles no seria metge, va resoldre que havia de ser teòleg. A l'octubre de 1827 es va admetre la seva sol·licitud i en 1828 va ingressar en el Christ's College de

Cambridge (Universitat de Cambridge), amb el propòsit d'estudiar teologia i ser pastor de l'església anglicana. Això semblava una decisió raonable, perquè pràcticament tots els naturalistes de l'època a Anglaterra eren sacerdots. Va llegir obres teològiques, aviat va superar les seves pròpies objeccions i es va convertir en estudiant de teologia cristiana. La seva nova carrera implicava estudiar llatí, grec, història, àlgebra i geometria, entre altres matèries, especialment teològiques. Tampoc aquí se sentiria còmode amb els plans d'estudi, especialment per la seva poca habilitat per les matemàtiques i els idiomes. Als 22 anys Charles Darwin era un estudiant típic, alegre i sociable, molt popular i estimat pels seus companys. Gràcies a un altre amic, Charles Whitley, va aprendre a valorar les pintures i els gravats en coure. Sovint anava a la Galeria Fitzwilliam, i a la Galeria Nacional d'Art a Londres. A Cambridge, on va romandre durant tres anys, va seguir desenvolupant una gran passió per recol·lectar plantes, insectes i mostres geològiques.



**Figura 4.** Imatge de Darwin amb John Edmonstone.



A la mateixa Universitat estudiava el seu cosí William Darwin Fox, qui el va introduir seriosament en l'estudi de l'entomologia. Les cartes als seus amics estan plenes de comentaris entomològics i de peticions d'erugues i escarabats.

Darwin ens relata detalls d'aquells moments de la seva vida, sobre la passió per a l'estudi i la recol·lecció d'insectes extraordinaris:

*«Un dia en arrabassar un tros d'escorça vella, vaig trobar dos escarabats rars i en vaig agafar un amb cada mà. Aleshores vaig veure'n un tercer, que no podia perdre, així que vaig posar-me el de la mà dins la boca. Pobre de mi !! Va expulsar alguna mena de fluid àcid que m'abrasà la llengua, pel que em vaig veure obligat a escopir-ho i el vaig perdre, a l'igual que el tercer...».*

Va contractar a un obrer perquè raspàs la molsa dels arbres vells durant l'hivern i el conservés en un sac i perquè ajuntés les escombraries del fons de les barcases que transportaven jonc des dels pantans. D'aquesta manera va aconseguir exemplars molt rars d'escarabats.

Va fer fer un moble per a conservar la seva col·lecció i va notificar les seves captures d'escarabats poc freqüents a l'entomòleg James Stephens, qui va incloure dades seves al seu llibre *British Entomology*.

Allí va començar seriosament els seus estudis biològics, desenvolupant l'hàbit de la investigació.

Per mediació del seu cosí Fox va conèixer al botànic John Stevens Henslow (Fig. 5), sacerdot de l'església anglicana, qui el va encoratjar a estudiar botànica i zoologia, i aviat Darwin va arribar a ser conegut com

*«l'home que passeja amb Henslow»*. Els divendres es reunien alumnes i professors interessats en les ciències naturals i s'organitzaven excursions. Allà Charles Darwin va conèixer les obres de Lyell, el primer volum dels *Principles of Geology* acabava de sortir al públic. Henslow li va aconsellar que estudiés la carrera de Biologia i li va presentar al notable geòleg i reverend Adam Sedgwick, amiatat que també va conrear. Darwin va convidar al reverend Adam Sedgwick (Fig. 6) a passar uns dies a casa seva, i junts van realitzar a l'agost de 1831 una sortida de tres setmanes pel nord del país de Gal·les, observant les formacions rocoses i treballant sobre un mapa geològic de la regió. Llavors, la seva principal afició era la investigació geològica tot seguint els consells de Henslow. Darwin recordava els tres anys que va estar a Cambridge com els més feliços de la seva

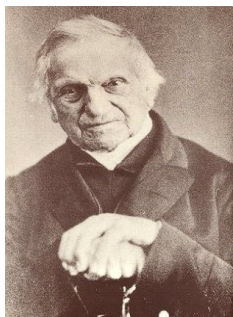


**Figura 5.** Johns Stevens Henslow (1796-1861). Teòleg, capellà anglicà i professor de botànica de Darwin.

vida. Durant el seu últim any a Cambridge, Darwin va llegir amb profund interès el llibre de memòries d'Alexander von Humboldt, *Personal Narrative*, que, en cinc anys de viatges per Amèrica del Sud va contribuir al progrés de la geologia, la física, la geografia i la mineralogia. La lectura del llibre de Humboldt va incitar a planejar una expedició a les Illes Canàries. Una altra obra que va significar una important influència fou la de l'astrònom John Herschel, qui plantejà els mètodes correctes d'investigació científica, *Introduction to the Study of Natural*.

Va obtenir bons resultats en els seus estudis i el 26 d'abril de 1831, als 22 anys, va rebre el grau de Batxiller en Arts (*magister artium*), equivalent a la llicenciatura en filosofia i lletres, obtenint el desè lloc a la llista d'estudiants.

Algú capaç de formular la Teoria de l'Evolució no hauria d'haver estat un estudiant excel·lent? Res més lluny de la realitat. Charles Darwin s'avorria a les classes de medicina a Edimburg, sobretot a les de cirurgia. La teologia, a Cambridge, va ser el seu següent pas i també el seu següent fracàs. Les seves aficions, classes extres i amics es van centrar en el món de la geologia i la botànica durant els seus anys d'estudiant. Les dues especialitats (medicina i teologia) li van ser recomanades pel seu pare. Però el jove Charles va decidir seguir els passos del seu avi Erasmus, que, com ja s'ha esmentat, havia publicat un llibre titulat *Zoonomia*.



**Figura 6.** Adam Sedgwick (1785-1876). Professor de geologia i paleontologia de Darwin.

## PRELIMINARS D'UN VIATGE EXTRAORDINARI

Un oficial de la marina de 26 anys, Robert FitzRoy (Fig. 7) havia obtingut la capitania del HMS Beagle per a un segon viatge per a Amèrica del Sud. Tal com comenta FitzRoy a la seva autobiografia (Fitzroy, 1839), convençut en que no es deixàs de perdre cap oportunitat de recollir informació útil durant el viatge, va proposar a l'hidrogeògraf de la marina, capità Francis Beaufort, que cercàs alguna persona ben educada i amb coneixements científics, que volgués aprofitar-se de l'oportunitat de visitar terres llunyanes encara poc explorades i que l'acompanyàs en aquest viatge. Beaufort es va posar en contacte amb el seu amic George Peacock, del Trinity College de Cambridge, qui li va suggerir inicialment al reverent Leonard Jenyns. Però aquest tenia obligacions amb la parròquia que no podia abandonar. Peacock va consultar a Henslow, qui no tingué cap dubte en proposar al jove Darwin.

Inicialment el seu pare no va donar el seu consentiment, però li indicà «*si ets capaç de trobar a un home amb sentit comú que et recomani que facis el viatge, donaré el meu consentiment!*». Aquest home fou el seu oncle, Josiah Wedgwood II. El pare de Darwin va donar, doncs, el seu consentiment i també li va donar el seu suport econòmic. Darwin pagava la seva travessia i per tant podia conservar les mostres que recol·lectàs, malgrat que els espècimens recollits per oficials de la marina solien esser propietat del Govern.

FitzRoy contractà també a un artesà i a un fabricant d'instruments per a mantenir en condicions els més de 20 cronòmetres que duia a bord. També viatjava un missioner i tres nadius de Terra de Foc que FitzRoy havia duit en el seu viatge anterior. En total viatjarien 74 persones a bord d'un vaixell de 27 m d'eslora i 7,35 m de màniga en el centre.

Amèrica es mostrava com un món sense guerra, amb l'Atlàntic sense perill (Gran Bretanya havia acabat amb la pirateria marítima) en la qual el comerç semblava una variant prometedora per als capitalistes europeus. A partir de la primera dècada del segle XIX, nombrosos empresaris de parla anglesa arriben a Amèrica del Sud per fer fortuna. Fins aquest moment, el bestiar boví de les pampes es feia servir només

per cuirs i la carn no era aprofitada. Literalment, milions de caps de bestiar vagaven solts, una cosa així com un rebost a portes obertes per als criolls i els gautxos. Amb la nova afluença de diners estrangers, comencen a establir salines que s'utilitzen en la preparació de carn per a exportació. Paral·lelament, les importacions britàniques inunden els mercats locals fins a tal punt, que els ponxos dels gautxos es confeccionen amb llana filada a Manchester (Parodiz, 1981). El major dels desafiaments era estendre els negocis més enllà de la pampa, al llarg de la costa atlàntica d'Amèrica del Sud i en la gran conca del Pacífic. Sense canal de Panamà, el comerç entre Europa i el Pacífic només podia utilitzar dues vies: la del cap d'Hornos, a l'extrem d'Amèrica del Sud, o la del cap de Bona Esperança a sud-àfrica.

La primera carta nàutica coneguda d'aquets territori va ser publicada per Le Maire a Amsterdam el 1617. Inclouïa exclusivament el contorn de la zona d'arxipèlags i el canal Beagle només insinuat. Des de moltes dècades enrere el coneixement d'aquest territori es va mantenir limitat, explorat tènuelement per alguns filibusters anglesos. El capità James Cook cap a 1774, efectua aixecaments cartogràfics del contorn, reconeix Navidad i s'anomena a l'illa Nueva amb aquest nom. Bougainville que va explorar les Illes Malvines,



**Figura 7.** El capità, Robert Fitzroy (1808-1865).

l'almirall espanyol Malaspina i Joachin d'Arquistade són recordats com exploradors dels territoris més del sud d'Amèrica del Sud. Va ser aquest últim qui va incloure en les seves expedicions a naturalistes i científics, els que lliuraran els primers coneixements més detallats dels habitants i recursos de la terra i el mar. A aquestes exploracions els segueixen les dels vaixells anglesos que, en el període de 1829 a 1834, desenvolupen les tasques d'exploració i aixecaments hidrogràfics: Philip Parker King, Robert Fitz Roy acompanyats per Stokes, Murray, Skyring, Otway i Kirke.

El cap d'Hornos ja era famós per les seves tempestes i naufragis. En aquest marc, trobar vies més segures resultava vital per a l'expansió del comerç mundial. Aquest va ser el propòsit de dos viatges britànics: el primer el 1826 al comandament del hidrogràfic Capità Philip Parker King (1791-1856), que va realitzar quatre viatges entre desembre de 1826 i abril de 1830 i el segon, cinc anys més tard, al comandament del jove capità Robert FitzRoy (1805-1865).

Les instruccions que seguien aquests viatges eren precises: cartografiar les costes d'Amèrica del Sud, en particular els tortuosos canals del cap d'Hornos i obtenir informació meteorològica, de les corrents, de les profunditats i de la identificació de cales segures a on ancorar.

A la primera expedició, el bergantí HMS Beagle, navegava capitanejat per Pringle Stokes (1793-1828). El Comandant en Cap de l'estació d'Amèrica del Sud, l'almirall Otway, nomena FitzRoy en substitució d'Stokes qui s'havia suïcidat. En tornar a Plymouth, dos anys després, FitzRoy només havia completat parcialment la missió en la qual s'havia compromès el seu antecessor.

El següent viatge del Beagle a Amèrica es va transformar en una obsessió per FitzRoy qui es va encarregar del recondicionament del bergantí, va augmentar la seva estabilitat mitjançant increment del gruix de cobertes i afavorint el drenatge, l'alleugerir eliminant armes i va afegir accessoris més moderns com cronòmetres i simpiesòmetres, un baròmetre de la seva invenció. Més enllà dels fins cartogràfics, FitzRoy tenia una altra raó per tornar a Amèrica. En els últims mesos del primer viatge, quatre persones originaris de la Terra del Foc, dels pobles Yámana i Alacaluf, van ser capturades i traslladades a Anglaterra per tal d'evangelitzar-les i educar-les per després convertir-les en l'avançada anglesa després de la seva reinserció a la zona del cap d'Hornos. Aquestes persones eren El'leparu conegut com York Minster qui va ser capturat el 3 març 1830 als 29 anys; O'run-del'lico conegut com Jemmy Button suposadament intercanviat l'11 de maig 1830 per un petit botó de perla; Yok'cushly o Fuegia Basket capturada el 4 febrer 1830 quan tenia 8/9 anys i el yámana Boat Memory (nom original desconegut) capturat el 4 març 1830 als 20 anys i qui va morir a l'hospital naval de Plymouth.

També hi havia altres fins, no necessàriament mercantils que perseguia particularment la societat britànica. Al segle XIX es van posar de moda les expedicions científiques a la recerca de novetats i rareses zoològiques i botàniques. Entre els més cobejats tresors estaven els colibrís o Picaflor que

havien arribat a Europa dissecats i les plomes s'empraven en decoració de vestits i barrets. Al *Systema Naturae* de Linné de 1758 ja estaven classificades 18 espècies; aquest nombre va anar creixent acceleradament; cap a 1829 es reconeixien 100 espècies i en pocs anys més es coneixia gairebé la totalitat de les 320 espècies vivents (Ashwell, 2009). George Loddige posseïa la col·lecció més nombrosa de 200 espècimens amb un exemplar de *Loddigesia mirabilis* (un colibrí coa d'espàtula o colibrí meravellós) d'un valor aproximat de 50 mil lliures esterlines. En pocs anys, a resposta de la demanda creixent, es va desencadenar la cacera per terres americanes.

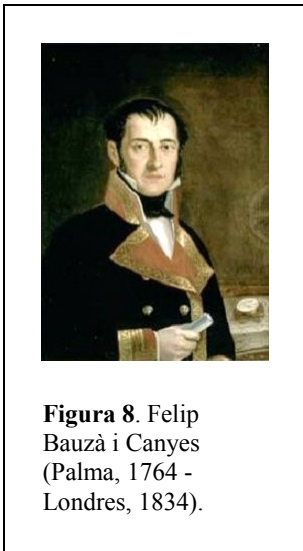
En aquest context de cobdícia de coneixements científics barrejat amb els fins d'expansió mercantil, s'entén que en un vaixell com el Beagle s'embarcàs també un naturalista que tingués la comesa de registrar, capturar i traslladar espècimens d'altres terres. Aquest justament és el cas de Charles Darwin (1809-1882).

També estava contemplat el registre dels paisatges i de les persones per part d'un dibuixant: el primer va ser Augustus Earle qui va ser succeït per Conrad Martens que va pujar al Beagle el 1835, quan aquest estava a les costes de Montevideo.

El capità, Robert Fitzroy (1808-1865), del vaixell HMS Beagle originàriament tenia pensat un viatge de dos anys per tot el món; aleshores Fitzroy tenia 26 anys i Darwin 22.

Després, el viatge durà gairebé 5 anys, des del 27 de desembre de 1831 (sortí de Davenport) fins el 2 d'octubre de 1836 (arribant a Plymouth).

Inicialment el propòsit del viatge, sufragat pel govern britànic, fou l'estudi de la línia de costa i la cartografia de possibles ports de Amèrica del Sud, elaborar mapes millors per poder protegir els interessos britànics a Amèrica.



No volem deixar de fer un incís sobre un personatge mallorquí també tingué un paper important en la història d'aquest viatge. Felip Bauzá i Canyes (Fig. 8) fou un polític lliberal i maçó, geògraf, cartògraf, astrònom, corsari i capità de navili mallorquí de finals del segle XVIII i començaments del segle XIX. Felip Bauzá fou un oficial de la Marina de Guerra que va pertànyer a un dels nuclis de renovació científica més importants d'Espanya.

Participà en diverses campanyes militars de la Guerra contra Gran Bretanya (1781): el setge de Gibraltar i la presa del Castell de Sant Felip a Menorca, armat en cors bombardejà Alger entre 1784 i 1785.

Va pertànyer a la comissió que elaborà l'Atlas marítim d'Espanya, sota la direcció de Vicente Tofiño. Fou el cartògraf de l'expedició

Malaspina (1789-1794), durant la qual realitzà observacions astronòmiques, geodèsiques i físiques. Va mantenir correspondència sobre astronomia amb l'astrònom i comerciant José Joaquín Ferrer Cafranga i amb el també marí militar Cosme Damián Churrua. Així mateix va mantenir contactes amb Alexander von Humboldt durant l'estada d'aquest a Espanya (1798). Va realitzar els mapes de Valparaíso a Buenos Aires, Vall de Caracas, l'Orinoco, Atures, Muipures, Cassignari i el mapa general de Colòmbia.

L'any 1815 fou nomenat director del Dipòsit Hidrogràfic. Fou diputat a Corts per Mallorca durant el Trienni Liberal (1820-1823). Amb el retorn de l'absolutisme va ser condemnat a mort i a la confiscació de béns (1826) a causa d'haver votat la incapacitat d'en Ferran VII, s'hagué d'exiliar a Londres, on morí poc temps després de rebre l'amnistia de 1833. Quan va arribar a Londres Bauzà ja era un científic conegut com a físic, geògraf, cartògraf i explorador. Havia participat com a oficial de mapes a la famosa expedició científica comandada per Alejandro Malaspina (1754-1809). L'any 1819 fou nomenat membre de la *Royal Society* de Londres. El 7 de juliol el capità Francis Beaufort (1774-1857) li demanà de forma confidencial un informe cartogràfic de les zones d'Amèrica del Sud que necessitaven més anàlisi. Aquests informes eren necessaris per projectar una expedició científica que havia de realitzar el Beagle. Durant el transcendental viatge, el mapes ajudaren molt al capità FitzRoy que en el seu diari escriví «...a spanish manuscripts has been procured from D. Felipe Bauzà, which may greathly abridge the examinations of that interval».

La Biblioteca Britànica conserva una col·lecció dels seus mapes (*The Bauzà Collection of Spanish colonial mapping*). Els mapes de Bauzà del Con Sud Americà, foren usats en la segona expedició del Beagle (1831-1836), en la que participà Darwin, i ell mateix indicà les àrees que precisaven de millores cartogràfiques als expedicionaris.

## EL CONTEXT SOCIAL DE LA PRIMERA PART DEL SEGLE XIX

En aquests moments Napoleó és derrotat, el seu imperi repartit entre els vencedors i el mateix emperador, desterrat el 1821 a una presó desolada, emplaçada en una roca enmig de l'Atlàntic. L'armament d'Europa es desmantella, els regiments es dissolen o són enviats a les noves colònies, i les flotes s'utilitzen parcialment per a l'exercici del comerç.

Per la seva banda, les enormes colònies americanes dependents d'Espanya, són difícils d'administrar, les comunicacions decauen, la burocràcia creix i el caos intern les fa vulnerables a la coacció externa. Entre 1808 -any de la caiguda del monarca Ferran VII- i 1826, es produeix el desmembrament de l'imperi espanyol a Amèrica i la independència de les colònies espanyoles en aquest continent (excepte Cuba i Puerto Rico que ho fan molt més tardanament, l'any 1898). Les Províncies Unides del Río de La Plata, que més tard adoptaran el nom de República Argentina, declaren la seva

independència el 1810. La República Oriental de l'Uruguai, amb Montevideo com a capital, es proclama el 1828. En els principals ports d'Amèrica del Sud s'assenten militars britànics així com vaixells de comerç exterior. Aquest és un punt àlgid per als nacionalistes i una font de satisfacció per als empresaris que de sobte es troben fent negocis fabulosos amb Anglaterra o amb rics pròdigs anglesos. Els punts estratègics són, sens dubte, Río de Janeiro, Montevideo, Buenos Aires i les Illes Malvines (Tambussi, 2009).

A Argentina, en aquells dies, el *Restaurador de les Lleis*, Juan Manuel de Rosas (1793-1877), que havia estat elegit governador de Buenos Aires (1829), inicia una campanya al desert (la població blanca deia així a les terres que romanien al marge de la civilització), amb la finalitat de protegir les fronteres, rescatar captius i provocar una clara submissió dels grups originaris (1833 i 1834), és a dir la lluita per la propietat de la terra (Fig. 9). Es trasllada amb les seves forces al Río Colorado, a la Patagònia. Aquest lloc i aquest home, serà important en la història que Darwin va viure a l'Argentina.



**Figura 9.** Juan Manuel de Rosas.

## EL VIATGE DEL BEAGLE

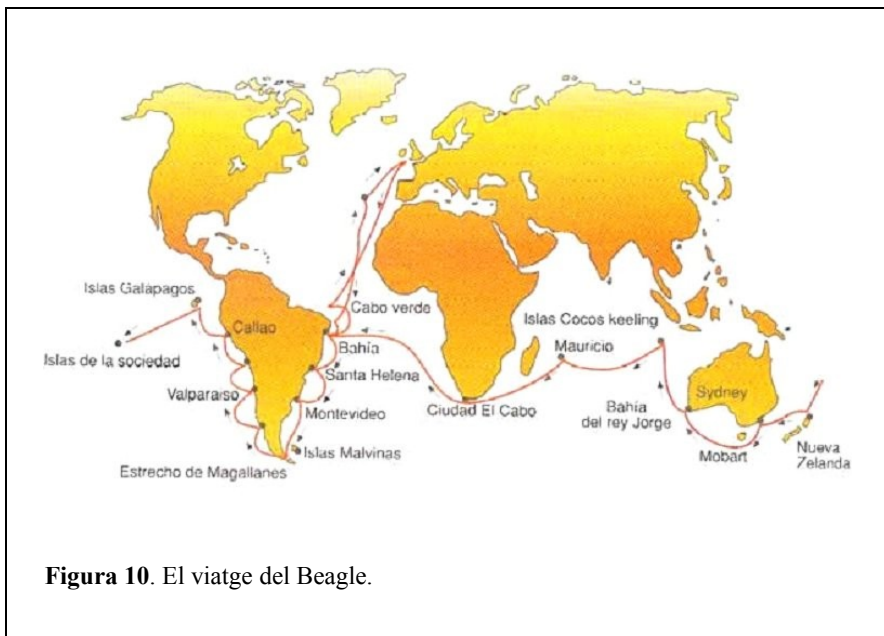
L'objectiu de l'expedició, dirigida pel capità Robert Fitzroy, era la de completar l'estudi topogràfic d'Amèrica del Sud i diverses regions del Pacífic.

El 27 de desembre de 1831 el Beagle surt del port de Devonport (Plymouth). El major problema de Darwin durant els primers mesos a la mar, i possiblement durant tot el viatge, foren els marejos degut a l'estat de la mar, que feia que amb freqüència quedàs postrat a la seva hamaca, a la seva cabina de popa de 3 x 3,3 metres.

El principi del viatge (Fig. 10) fou per a Darwin poc feliç, ja que després de l'eufòria de la partida, en el Golf de Biscaia el mareig s'havia apoderat tan fortament d'ell que fugia cap a la seva hamaca en un estat tan lamentable, que fregava el desmai. L'esperança de trepitjar Madeira es va ensorrar pel mal temps, el Beagle continuava navegant cap al sud.

Darwin havia somniat, feia més d'un any, visitar Tenerife, on arriben el 6 de gener, però segurament per qüestions polítiques, se'ls va prohibir desembarcar, per temor, o amb l'excusa, de que fossin portadors del còlera; al matí següent, a una milla i mitja del port de Santa Cruz de Tenerife, va veure sortir el Sol darrera l'escarpat perfil de l'illa de Gran Canària i il·luminat sobtadament el pic de Tenerife, en tant les regions més baixes apareixien vetllades en núvols aborrallonades.





**Figura 10.** El viatge del Beagle.

Darwin, llavors un jove de tan sols vint anys, va veure així frustrades les seves expectatives d'ascendir al pic de Tenerife, al Teide, així com d'estudiar la seva flora i contemplar la seva flora endèmica, els seus dragos (*Dracaena drago*).

S'esvaïa la possibilitat de confirmar personalment les meravelloses informacions sobre l'illa que tenia a partir de les seves lectures, especialment de les obres del geògraf, explorador i naturalista Alexander von Humboldt i de les del geòleg Charles Lyell.

Amb una escala frustrada a Tenerife, la primera aturada del Beagle fou a les illes de cap Verd, a 620 km de la costa occidental africana. Darwin va estudiar la geologia de l'illa San Yago. La naturalesa volcànica de l'arxipèlag, i la lectura de la geologia de Lyell el feren pensar en la necessitat de fer un acurat diari, i apuntar tots aquells aspectes geològic i naturalístics de les zones explorades. La primera aturada del famós viatge de Charles Darwin va ser a Porto Praia, la principal ciutat de l'illa de São Tiago a l'arxipèlag de cap Verd. Des del 16 gener al 8 febrer 1832, Darwin va gaudir de la seva primera oportunitat substantiva per estudiar la història natural d'un lloc exòtic.

El mateix Darwin considerava aquesta visita com un important punt d'inflexió en la seva vida, ja que, segons la seva autobiografia, va ser aquí on es va decidir a investigar i publicar un llibre sobre la geologia dels diferents llocs visitats al llarg del seu viatge. A més, també escriu que va ser aquí, el primer port d'escala, que el va convèncer de la *superioritat meravellosa* de la geologia uniformista de Charles Lyell sobre la doctrina de cataclismes successius que li havien ensenyat a Anglaterra.





**Figura 11.** El Beagle.

El Beagle (Fig. 11) navegà fins a Brasil, a on restà atracat durant nous dies a Sant Salvador de Bahia. Darwin explora selves brasileres per primera vegada. «*Per primera vegada veia un bosc tropical amb tota la seva grandesa. Sublim, mai no havia experimentat una sensació tan intensa*». Comenta que en un dia recol·lectà 68 espècies diferents d'escarabats. Al llarg dels següents dos anys, el Beagle navega lentament la costa sud-oriental d'Amèrica, visità Rio de Janeiro,

Montevideo, Bahía Blanca i les illes Malvines, cartografiant les costes i mesurant la profunditat de les aigües. Visità les terres de la Patagònia i Terra de Foc creuant l'estret de Magallanes i remuntant fins a Valparaiso.

Darwin comentà, al llarg de tota la seva vida, que era un desastre per als idiomes, incapaç de pronunciar el francès o l'alemany, i sense oïda per als accents. No obstant això, sembla que durant bona part del seu viatge per Sud-amèrica va parlar amb castellà. Va passar setmanes amb guies i allotjant-se a casa de gent del lloc que no sabien anglès. Darwin havia estudiat espanyol àdhuc abans de saber que aniria de viatge a Sud-amèrica. Intentava aprendre el nom dels aucells i de les roques amb l'idioma local, i llegia novel·les en espanyol per entretenir-se. Els sud-americans l'anomenaven «*Don Carlos*» i el presentaven com a naturalista. Ningú coneixia el significat d'aquesta paraula, però a un cap local l'informaren que un naturalista era «*un home que ho sap tot*». Darwin va passar molt de temps en companyia dels gautxos que li varen transmetre els seus coneixements sobre la vegetació i la fauna de la Pampa. Una de les seves apreciacions a l'Argentina fou com canviaven les espècies a mesura que es desplaçaven cap al sud. Un exemple d'això és el nyandú, amb dues espècies, el Nyandú comú (*Rhea americana*) i el Nyandú petizo o de Darwin (*Rhea pennata*), recentment adscrit al gènere *Pterocnemia*, una au semblant a l'estruc africà. Els gautxos li parlaven d'un nyandú petit, molt més escàs, que es veu en poques ocasions a les planures del riu Negre. Quan van acampar prop del Puerto Deseado, un dels companys de Darwin va caçar un petit nyandú, que varen menjar per a sopar. Al principi el naturalista va pensar que es tractava d'un individu juvenil. Però després del sopar recordar els seus comentaris i va recollir les seves restes «*cap, coll, potes, ales, moltes de les plomes grans i bona part de la pell*». Darwin descobrí després que, més al sud, el nyandú petit era més abundant, de forma que ocupava el lloc de l'espècie del nord.

A l'extrem sud de la Patagònia, Darwin descobrí els ossos fossilitzats de grans mamífers extints. Dedicà moltes hores, juntament amb el seu assistent, Syms Covington, a excavar els jaciments de les voreres dels rius.

El 26 de juliol de 1932 arriben a Montevideo i amb aquesta aturada veuen el Río de La Plata, primer objectiu assignat a l'expedició. Al diari del seu viatge, quan es refereix a la visió del paisatge Darwin relaciona geologia i evolució «veient tots els pujols coronats pels seus cràters, i perfectament dibuixats, encara, pels límits de cada riu de lava, hi ha motiu per creure que, en una època geològicament recent s'estenia l'oceà allà on ara estam. Així doncs, tant en el temps com a l'espai ens trobam en front del gran fenomen, del misteri dels misteris: la primera aparició de nous éssers vius sobre la Terra». En altres llocs del seu diari també es veu que Darwin havia experimentat una més que dubtosa sospita de l'evolució. El primer d'ells fou quan arriben a Montevideo i amb aquesta aturada veuen el Río de La Plata.

A Punta Alta, un petit terraplè d'uns 6 metres d'altura, format per còdols i graves, amb un estrat d'argiles vermelles que ho travessava de punta a punta, va trobar ossos fossilitzats dispersos per la grava a una zona d'uns 170 metres quadrats. A l'inici de l'excavació, Darwin no desxifrà el que estava desenterrant, eren d'una mida extraordinària i malgrat esser criatures d'espècies distintes (*Glyptodon*, *Megatherium*,...), tenien una semblança extraordinàriament a les vivents del món actual, els pesosos, els armadillos i els guanacs.

Aquest descobriment inculcà en Darwin els primers interrogants sobre l'evolució de les espècies.

Darwin no era un anatomista comparatiu, com el gran Cuvier, tampoc un erudit en mamífers, i la paraula *paleontòleg* encara no s'usava. En retornar a Londres, Darwin confià la descripció i identificació dels seus fòssils a un anatomista jove i brillant anomenat Richard Owen (1804-1892), una autoritat incipient i prometedora en mamífers extints. Fou Owen (Fig. 12) qui va donar noms als pesosos desconeguts i suggerí l'afinitat entre *Macrauchenia* (un gènere de mamífer litoptern extint de la família dels macrauchenids. Se n'han trobat fòssils a Amèrica del Sud, on visqué entre el Miocè i el Plistocè superior. Tenia una aparença similar a la dels camells, tot i que no hi estava relacionat. Mesurava uns tres metres de longitud, tenia un coll llarg, una petita trompa i potes similars a les dels rinoceronts -però tampoc no hi estava relacionat. A pesar que tenia potes llargues, les proporcions de les potes posteriors impedièen que fos un bon corredor) i els camèlids.

Juan Manuel de Rosas, governador de Buenos Aires, li proporciona una autorització i un salconduit, que li havia atorgat el govern de Buenos Aires de torn, i així Darwin va poder recórrer rumb al nord-est, les sempre agitadaes



**Figura 12.** Richard Owen.

terres argentines. També el president de la República de Xile li dóna el següent document:

*«El naturalista Carlos Darwin, como miembro de la Comisión conferida por el Gobierno de S.M.B. al Comandante del buque denominado Beagle, Roberto Fitz Roy, intenta visitar todos los puertos de la República, que crea a propósito para llenar por su parte dicha Comisión. En su consecuencia, ordeno a los Intendentes de Provincias, gobernadores y jueces, por cuyos territorios transitare y operare, no pongan al espresado naturalista el menor embargo, antes bien le protejan y ayuden en cuanto pénda de su arbitrio para el mayor éxito de sus interesantes operaciones – Dado en la sala de Gobierno en Santiago de Chile a dos dias del mes de Setiembre del año de mil ochocientos treinta y cuatro».*

El desembre de 1832 arriben a Terra del Foc. El Capità Robert FitzRoy va repatriar tres persones natives que havia portat a Anglaterra en un viatge previ; intentava començar una missió cristiana, que va fracassar desastrosament.

El març de 1833 visiten les Illes Malvines (Falkland Islands). Darwin recull ocells d'aquestes illes de distintes espècies i també fòssils que compten amb unes clares diferències respecte als del continent.

El juny de 1834 travessa l'Estret de Magallanes. Dos anys i mig de viatge, el Beagle per fi arriba a l'Oceà Pacífic.

El gener de 1835 van a Chiloé, i Darwin presència l'erupció del Mont Osorno.

El febrer de 1835 experimenta un terratrèmol a Valdivia i més tard visita la ciutat anivellada de Concepción. Es fixa en que la costa augmentava uns quants peus.

A Valparaíso, el març de 1835, Darwin puja els Andes i descobreix arbres petrificats similars a aquells que havia vist a nivell del mar. Torna a pensar que les muntanyes s'elevaven empeses, poc a poc, pel terratrèmol.

### ***L'excel·lència de les Illes Galápagos***

Arriba al Perú el juliol de 1835 i el setembre a les Illes Galápagos, formades per uns 125 farallons, illots i illes. Només les illes més grans estan habitades. Administrativament pertanyen a l'Equador i estan separades del continent americà uns 1000 km. El seu origen és volcànic i la seva antiguitat se situaria entre els 3 i 5 milions d'anys. L'illa més gran, Isabela (Albermale, segons els topònims anglesos utilitzats al diari de navegació), té uns 4710 km<sup>2</sup>. Després de Tahití, les Galápagos eren les més famoses de totes les illes tropicals del Pacífic. Havien estat descobertes el 1535 per Fray Tomás de Berlanga, bisbe de Panamà. Ja durant la dècada de 1830 una flota de baleners, la majoria nord-americans, feien escala allà cada any per a aconseguir queviures i aigua. Reomplien els seus depòsits amb aigua de les fonts, capturaven tortugues per aconseguir carn i feien escala per a deixar o recollir el correu.

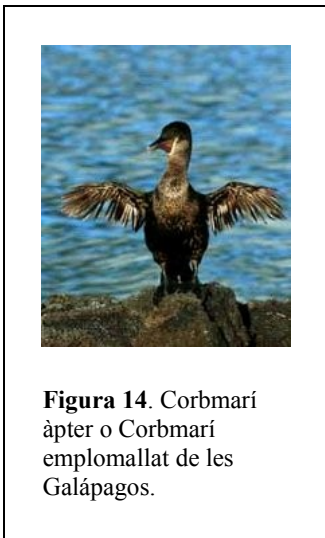


**Figura 13.** Les illes Galápagos (Equador).

L'estada de Darwin a les Galápagos (Fig. 13) fou només d'un poc més d'un mes, entre el 15 de setembre i el 20 d'octubre de 1835. Però en total només està a terra ferm durant 19 dies recollint múltiples espècies i realitzant anotacions científiques a la seva llibreta.

El Beagle navegà durant aquest temps per moltes d'aquestes illes. A l'illa Fernandina, centenar de tortugues marines arribaven el vespre per depositar la seva posta a l'arena. A l'illa Santa Maria hi havia una penitenciarria amb dos-cents reclusos que cultivaven canya de sucre, plàtans i blat de moro a les terres altes. Però l'illa que va ser-hi durant un període més llarg fou a l'illa Sant Salvador on restà prop d'una setmana. A aquesta illa, Darwin comptà fins a vint-i-sis rares espècies d'aucells terrestres, escriu que eren increïblement confiades, podia matar amb un bastó tants de coloms o pinsans com desitjàs. Al seu diari (Darwin, 1989), cita una descripció paradisiaca de Cowley (pirata i historiador anglès que posà noms anglesos a les illes), escrita l'any 1684: «*Els coloms eren tan confiats que normalment es posaven al nostres capells i braços... no tenien por a l'home*», però Cowley continua dient que «*per aquesta època, algú de la nostra tripulació obrí foc contra ells...i es tornaren més esquius*». Els Pinsans de Darwin és el nom genèric de les 13 o 14 espècies diferents d'aucells estretament relacionades entre sí. Viuen tretze espècies a les Illes Galápagos i una a l'Illa del Coco (Costa Rica).

En aquest curt període de temps Darwin recol·lectà multitud d'espècimens: mol·luscs, insectes, plantes i aucells, tortugues amb comportaments i variacions úniques, i molt diferent del que trobà al continent americà. Però el Beagle no podia esperar: «*És el destí de la majoria dels viatgers; just comencen a descobrir el més interessant d'un lloc, és quan ja han de partir*». En arribar al vaixell començà a classificar els seus exemplars i de seguida topà que la major part eren espècies que es trobaven a les Galápagos i en cap altre lloc. Això es podia aplicar a tots els grups taxonòmics: plantes, rèptils, aucells, peixos, mol·luscs i insectes. Certament s'assemblaven a altres espècies de Sud-amèrica, però al mateix temps, eren molt diferents. «*Era molt sorprenent, escriví Darwin, estar envoltat de nous rèptils, aucells, mol·luscs, insectes i plantes, i que no obstant innumerables i insignificants detalls estructurals, àdhuc els cants i el plomatge dels aucells, duien nítidament davant els meus ulls la imatge dels que hi havia a les planures temperades de Patagònia, o en els àrids i calorosos deserts del nord de Xile*».



De les aproximadament 146 espècies d'aucells conegudes, de les quals 25 en són endemismes, 13 estan globalment amenaçades d'extinció i dues hi foren introduïdes.

La manca de depredadors ha fet que algunes espècies facin el niu a terra com una subespècie de mussol emigrant (*Asio flammeus galapagoensis*). Entre els endemismes d'aucells, a més dels pinsans, ens trobam amb: el Corbmarí àpter (Fig. 14) o Corbmarí emplomallat de les Galápagos (*Phalacrocorax harrisi*), Agró nan de les Galápagos (*Butorides sundevalli*), Gavilà de les Galápagos (*Buteo galapagoensis*), Rascló de las Galápagos (*Laterallus spilonotus*), Gavina de la lava (*Leucophaeus fuliginosus*), Menjamosques de les Galápagos (*Myiarchus magnirostris*), Oronella de les Galápagos (*Progne modesta*), Pingüí de Galápagos

(*Spheniscus mendiculus*), Zenaida de Galápagos (*Zenaida galapagoensis*), Sinsonte de Galápagos (*Nesomimus parvulus*), Sinsonte de Floreana (*Nesomimus trifasciatus*), Sinsonte de Española (*Nesomimus macdonaldi*) i Sinsonte de San Cristóbal (*Nesomimus melanotis*).

Una altra excepcionalitat és la presència de distintes espècies d'iguanes, una marina (*Amblyrhynchus cristatus*) i tres terrestres. Les iguanes terrestres, del gènere *Conolophus*, són uns dels rèptils més emblemàtics de les illes Galápagos. *Conolophus pallidus* només habita l'illa de Santa Fe; *Conolophus subcristatus* i *Conolophus marthae*, recentment descrita (Gentile i Snell, 2009), que només viu a Isabela.

També feu un altre descobriment, les espècies diferien d'una illa a una altra malgrat que les distàncies no eren molt superiors als 80 o 100 km. La primera vegada que se n'adonà fou quan comparà sinsontes de varies illes. Els sinsontes són uns aucells de la família dels *Mimidae* que viuen a Amèrica, des de Canadà fins a l'Argentina, i foren clau per a Darwin per a inspirar-se en la teoria de l'evolució; el gènere que es troba a les Illes Galápagos és *Mesomimus*. Llavors, Lawson, un anglès que feia de vicegovernador de l'arxipèlag, comentà que només fent una ullada a un galápagos (nom que prenen les illes de la tortuga terrestre geganta -*Geochelone elephantopus*-) podia dir de quina illa provenia. Així doncs, els Galápagos de l'illa Isabela tenien una forma de closca diferent als de l'illa Sant Cristòbal, i ambdós eren diferents als de l'illa de Sant Salvador (Moorehead, 1985).

Darwin observà que entre els petits pinsans aquestes diferències eren encara més patents. El seu aspecte era més bé insuls i produïen sons monòtons i inharmònics; tots tenien la coa curta, construïen nius coberts i posaven ous blancs tacats de rosa, quatre per niuada. Els seu plomatge variava dins uns límits: des de negre fins a verd, segons el seu hàbitat. Però el que destacava era la quantitat d'espècies diferents de pinsans, i la varietat dels seus becs, això fou el que sorprengué tant a Darwin. A una illa s'havien desenvolupat becs gruixats i forts per rompre llavors i nous, en una altra els becs eren més petits per a permetre als aucells capturar insectes, i en altres els becs estaven adaptats per alimentar-se de fruits i flors. Hi havia, àdhuc, un aucell que havia après a usar espines de cactus per a cercar cucs entre els forats dels arbres.

Què havia succeït? els aucells havien trobat diferents aliments profitables a distintes illes i al llarg de successives generacions s'havien adaptat al medi. El fet de que es diferenciassen tant entre sí com en relació a altres aucells feia pensar que degueren ser els primers en arribar a les Illes Galápagos. Durant un temps, tal vegada bastant llarg, és possible que no es trobassin amb competidors, ni per l'aliment ni pel territori, i això els va permetre evolucionar en direccions que en altres circumstàncies hauria estat impossible. L'aïllament havia estimulat l'origen de noves espècies.

De alguna manera, això implicava un gran principi. Darwin no captà de forma immediata la seva transcendència: per exemple, és escassa l'atenció que dona als pinsans en la primera edició del seu diari i, no obstant això, el problema de la seva diversitat i modificació es convertí, més tard, en un dels grans arguments de la seva teoria sobre l'evolució i la selecció natural. Fins aquest moment Darwin mai s'havia oposat obertament a la creença general referent a la creació de espècies immutables, encara que segurament devia tenir dubtes en secret. Ara, aquí a les Illes Galápagos, estava veient l'existència de distintes formes de sinsontes, pinsans i Galápagos en les diferents illes, de diverses formes de la mateixa espècie, havia de qüestionar la més fonamental de les teories contemporànies. En realitat, era més que això; si demostrava l'exactitud de les idees que trontollaven al seu cap, totes les teories acceptades sobre l'origen de la vida a la Terra s'haurien de revisar, i quedaria al descobert que el mateix llibre de la Gènesi –la història d'Adan i

Eva, del Diluvi universal- no és més que un mite supersticiós. Podia dur molts d'anys de recerca i investigació demostrar alguna cosa així però, al manco en teoria, Darwin comptava amb totes les peces del trencaclosques.

### ***Tortugues, pinsans i caragols de les Galápagos***

Com a pinsans de Darwin reben el nom unes 13 o 14 espècies diferents principalment dels gèneres *Geospiza* i *Camarhynchus*, però ben estretament relacionades, espècies que Charles Darwin va descobrir a les Illes Galápagos durant el seu viatge en el Beagle. Viuen tretze espècies a les Illes Galápagos i una a l'Illa de Coco (Costa Rica).

Darwin no estudià els mol·luscs terrestres de les Galápagos però aquests són també un exemple excepcional d'evolució insulars. Però abans comentem que forèsia és un terme que designa el comportament de les espècies que en necessiten unes altres per a dispersar-se. Aquest tema interessà molt a Darwin i en un dels capítols de l'*Origen de les espècies*, Darwin atribueix als aucell aquàtics l'àmplia distribució geogràfica que tenen molts d'invertebrats d'aigües dolces. També comentà, quan recol·lectava invertebrats a aigües continentals del Brasil, la semblança amb invertebrats d'aigües dolces d'Anglaterra mentre que les espècies terrestres eren diferents. A rel d'això, descriu la seva experiència amb una ànnera a la que va mantenir una de les seves potes immersa dins un aquari a on hi havia ous de mol·luscs. Un bon nombre d'individus juvenils es varen fixar a la pota i varen sobreviure allà entre 12 i 20 hores, temps amb què l'au hagués pogut volar uns 1000 km, segons estimacions de Darwin. Per altra banda, Charles Lyell li va comunicar que havia capturat un escarabat ditíscid que tenia una pegellida d'aigua dolça aferrada (segurament del gènere *Ancylus*).

Els caragols terrestres són capaços de tolerar una dessecació de fins el 50% del seu pes corporal (alguns llimacs fins el 80%) o també tancar l'opercle i retrets dins les seves closques ocloent hermèticament la boca de la conxa, restant en vida latent, sense menjar, ni beure i reduint els seu metabolisme gairebé a zero. Hi ha exemples d'un camaènid, (*Epiphragmophora veatchii*)



**Figura 15.** *Mus fuscipes* (*Rattus fuscipes*) recollit a Austràlia i descrit per Waterhouse. Darwin, C. R. (ed.). *The Zoology of the Voyage of H.M.S. Beagle, under the command of Captain FitzRoy, R.N., during the Years 1832 to 1836*. Smith, Elder and Co., London, 1838–1845. Part II. Living Mammalia, by George R. Waterhouse, in 4 numbers, 1838–1839; plate 25



procedent d'una illa de Baixa Califòrnia que va restar en estivació, sense consumir aigua ni cap aliment des de 1859 a 1865, és a dir, sis anys (Valledor i González, 2014). Dit això, a les Galápagos hi ha una setantena d'espècies endèmiques de bulimúlids del gènere *Naesiotus* que viuen a zones d'antigues colades de lava sobreescalfades pel Sol. Totes procedeixen d'un avantpassat comú, que com a naufrag, va arribar a aquestes illes procedent d'Amèrica central i aquí es diversificà de forma més espectacular que els pinsans de Darwin (que també col·lectà alguns d'aquests caragols durant la seva estància a l'arxipèlag).

## CONTINUACIÓ DEL VIATGE

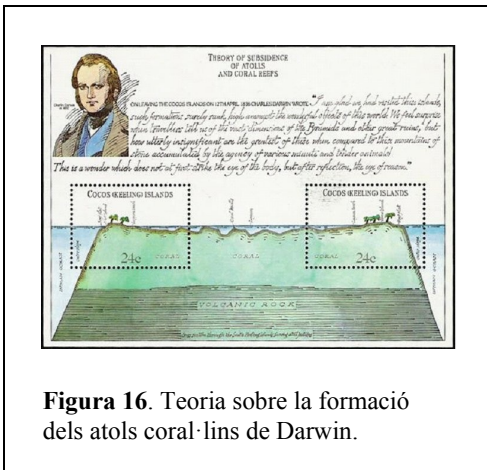
El 25 de novembre de 1835 visita Tahiti.

El 23 de desembre de 1835 Waimate (Nova Zelanda).

El 12 de gener de 1836 Sydney, New South Wales, Austràlia. Meravellant-se de marsupials, Darwin es pregunta per què hi ha un conjunt diferent de mamífers a Austràlia (Fig. 15). A Sydney també visità els Blue Mountains (17 de gener de 1836).

L'abril de 1836 anà a l'Illa de Cocos (o Keeling Islands). Darwin estudia atols de corall per provar la seva teoria de formació d'esculls. Més endavant escriuria un llibre sobre el tema (Fig. 16).

*«Sóc feliç que hàgim visitat aquestes illes; tals formacions segurament figuren entre els paisatges més meravellosos d'aquest món».*



**Figura 16.** Teoria sobre la formació dels atols coral·lins de Darwin.

El 29 d'abril de 1836 és a l'illa Mauritius, Ocea Índic. D'aquesta illa és el famós Dodo, *Raphus cucullatus* Linnaeus 1766, un colom d'uns 23 quilos, vist per primera vegada per una expedició portuguesa el 1505. El 1638 es colonitza l'illa i poc després es converteix en una espècie extinta.

El juny de 1836 visita la Ciutat del Cap (Sud-àfrica). Aquí visità a Sir John Herschel, un científic i astrònom anglès molt interessat per les teories de Darwin.

El juliol de 1836 arriba a St. Helena (Napoleon's Island); resta 5 dies a aquesta illa habitada per unes 5000 persones. És una autèntica muntanya volcànica enmig de l'Atlàntic. Ho descriu com a una illa desolada.



El 19 de juliol de 1836, continua el seu periple cap a l'illa Ascension, a la dorsal atlàntica. Està 4 dies en aquesta illa, habitada per mariners britànics i esclaus alliberats. Fa l'ascensió al volcà Green Hill. Darwin ja necessita tornar a Anglaterra el més aviat possible.

L'1 d'agost 1836, encara que no estava previst, el capità Fitzroy decideix prendre noves mesures de longitud a la costa d'Amèrica. A la zona de Brasil. Darwin aprofita per fer llargues caminades per la selva.

El 31 d'agost de 1836 Darwin arriba a Porta Praya a l'arxipèlag de cap Verd, on només hi estan cinc dies.

El 20 de setembre de 1836 HMS Beagle arriba a les illes Açores i tiren ancora a l'illa Terceira. En els propers dies Darwin lloga un cavall i alguns guies i explora el centre de l'illa visitant distints cràters.

El 2 d'octubre de 1836, el Beagle finalment arriba a casa després d'un viatge de quatre anys, 9 mesos i cinc dies. Arriben al port de Falmouth, sobre les 9:00 del vespre amb un pluja intensa, però Darwin desembarca i surt ràpidament cap a casa seva, cap Shrewsbury. Darwin va passar prop de 1162 vespres a terra durant el seu viatge, de quasi cinc anys de durada, i tan sols 579 a bord del vaixell.

## **EL RETORN A LONDRES I DESPRÉS A DOWN**

A partir de la seva tornada a Anglaterra, l'octubre de 1836, Darwin va ordenar les seves col·leccions i va emprendre la tasca de preparar el material que havia portat, coordinar els resultats obtinguts durant el seu viatge, escriure sobre el material recol·lectat, freqüentar reunions científiques i prendre contacte amb nombrosos científics per tal que el material reunit fos descrit en la relació oficial de l'expedició. Pel que sembla, el seu pare ja no va insistir en els estudis eclesiàstics, convençut per l'entusiasme del seu fill i pels excel·lents comentaris que havia rebut el seu treball com a naturalista. Al desembre de 1836 es troba a Cambridge dedicat a classificar, amb l'ajuda d'Henslow, l'enorme col·lecció de material geològic i mineralògic, i dicta diverses conferències a la Societat de Geologia. Dos importants descobriments, la seva brillant teoria sobre l'origen i la distribució dels esculls coral·lins i la explicació de la ràpida elevació del terreny de la cadena andina, li van atorgar el respecte del principal geòleg de llavors, Charles Lyell. Va ser el començament d'una amistat que va durar tota la vida.

Finalitzada l'ordenació i classificació de les seves col·leccions en 1837, Darwin es va dedicar a escriure. D'una banda, va començar a redactar el seu diari de viatge, afegint-hi una gran quantitat de comentaris i dades científiques. D'altra banda, va començar a redactar un estudi sobre la formació de les illes de corall i l'obra completa de la *Geologia del Viatge*. Els pinsans que havia recol·lectat en tres illes de l'arxipèlag de Galápagos eren tres espècies diferents, i no només varietats com havia pensat Darwin. Meditant sobre aquest fet, Darwin va comprendre per primera vegada el procés de la

especiació geogràfica: que una nova espècie pot formar-se quan queda una població aïllada geogràficament de l'espècie parental. Si els colonitzadors provinents d'un sol avantpassat sud-americà podien originar tres espècies en les Illes Galápagos, llavors tots els pinsans continentals van poder haver sorgit a partir d'una espècie ancestral, i també podien anteriorment haver-ho fet les espècies de gèneres propers, i així successivament.

Al juliol de 1837 va començar a escriure un esbós del seu primer llibre de notes sobre la *Transmutació de les espècies*, en el qual desenvolupava la idea de l'origen gradual de noves espècies mitjançant especiació geogràfica i la teoria de la evolució a partir d'un origen comú. Entre 1837 i 1839 Darwin va completar la elaboració de la teoria de l'evolució en unes 900 pàgines de notes privades i va prendre possessió del seu càrrec de secretari de la Societat Geològica de Londres, per dirigir l'edició de la *Zoologia del Viatge*.

Als 30 anys, el 29 de Gener de 1839, es va casar amb la seva cosina Emma Wedgwood, néta de Josiah Wedgwood i filla menor del seu oncle Jos. Van tenir deu fills. A jutjar pels escrits deixats per ambdós, el matrimoni va ser feliç, molt ben avingut. Emma mai va interferir amb el treball científic del seu marit, i potser l'únic punt sobre el qual van tenir desacords va ser respecte al tema religiós. Les creences religioses tradicionals d'Emma s'oposaven a les indagacions científiques de Charles sobre l'origen natural de les espècies. Poc després del seu casament, Emma li va escriure una carta en què li demanava reconsiderar el seu punt de vista sobre el relat bíblic de la creació. Darwin va recordar sempre amb afecte aquesta carta, encara que va continuar lliurat als seus estudis científics. En el mateix any, 1839, es va publicar la seva primera obra important, el seu diari de viatge, *Viatge d'un naturalista al voltant del món*. El llibre va ser molt ben acollit per l'opinió en general i va aconseguir un èxit immediat. Entre 1839 i 1842 es van publicar els cinc volums de la *Zoology of the Voyage of the Beagle* (Zoologia del Viatge del Beagle), a l'obra, compilada pels principals especialistes de la època, va contribuir redactant la introducció i nombroses notes, així com actuant com a editor i assessor.



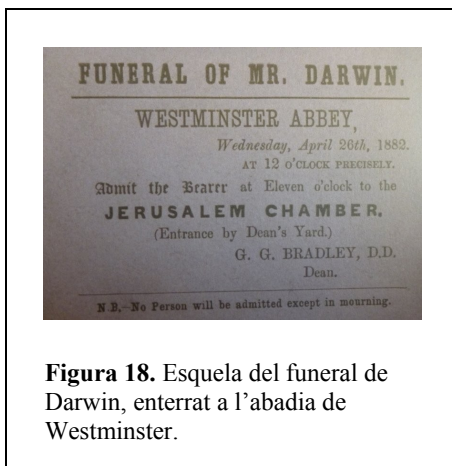
**Figura 17.** Les obres de Darwin.

El 1842 va acabar el seu manuscrit sobre els corals: *Estructura i Distribució dels Esculls de Coral*. Era el primer tom de la *Geologia del viatge*, que completaria amb els seus estudis publicats el 1844, en els quals es refereix als fenòmens d'activitat volcànica (especialment de les Illes de cap Verd, Galápagos i Tahití), i amb *Observacions geològiques*

*sobre Amèrica del Sud*, publicat en 1846, en el qual es refereix principalment als mecanismes de aixecament dels Andes i a la formació de la plana pampeana. Aquests llibres el van col·locar en el rang dels més importants pensadors científics del seu temps (Fig. 17).

Tres anys després del seu matrimoni, al setembre de 1842, i a causa de la seva precària salut, Charles Darwin es va establir amb la seva família en una casa de camp del petit poble de Down, a uns 25 km. al sud de Londres. En aquesta casa, Down House (avui Museu Darwin), passaria els 40 anys finals de la seva vida. Va arribar a tenir uns 15 criats i la seva fortuna i paciència li van permetre dur endavant la seva obra, dedicant-se completament a la seva tasca científica. No van faltar els moments amargs en la vida familiar. El mateix any de la seva arribada a Down, va néixer i va morir la seva filla Mary Eleanor. L'últim dels fills, Robert Waring, va morir als dos anys de néixer. El dolor més gran va ser la pèrdua de la seva filla Anna, el 1851, quan comptava 10 anys d'edat.

## LA MORT DE DARWIN



**Figura 18.** Esquela del funeral de Darwin, enterrat a l'abadia de Westminster.

Els mèrits científics de Darwin van ser reconeguts oficialment a tot el món. Els nomenaments i honors, així com els atacs que va haver de suportar durant l'última part de la seva vida, es van succeir fins a la seva mort. Mor el 19 d'abril 1882, als 73 anys d'edat, a la seva residència de Down encara que, a petició de més d'una vintena de membres del parlament britànica fou enterrat a l'abadia de Westminster, al costat de Isaac Newton, màxim honor que es pot tributar a un anglès després de la

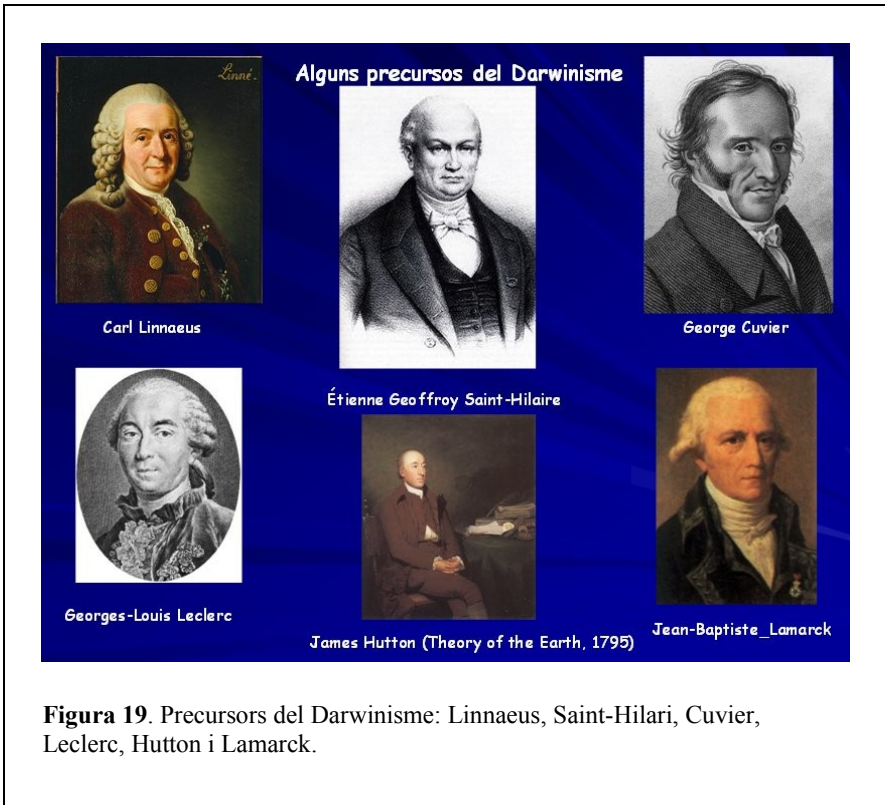
seva mort. Als seus funerals (Fig. 18), realitzats als set dies de la seva mort, van assistir representacions diplomàtiques oficials de diferents països (França, Alemanya, Itàlia, Espanya i Rússia), i d'universitats i societats científiques.

## UNA FEINA COMPARTIDA

Darwin no podia estudiar tots els organismes que recollí al llarg d'aquesta llarga volta al món. Al llarg d'aquest viatge Darwin va estudiar

milenars d'espècies corresponents a unes 1500 espècies. Per a aquesta ingent tasca cercà col·laboradors amb qui tengué una extensa relació epistolar. Així, per citar-ne alguns, Joseph Dalton Hooker (1817-1911) estudià la flora de les Galápagos (Hooker, 1851a; 1851b); John Gould (1804-1881) estudià els aucells (Gould, 1838 entre d'altres); George R. Waterhouse (1810-1888) estudià els mamífers i els insectes (Waterhouse, 1845); Thomas Bell (1792-1880) els rèptils (Bell in Darwin, 1843). També establí contacte amb Hugh Cuming (1791-1865) un naturalista i viatger que col·leccionava closques de mol·luscs i orquídiades, bon coneixedor de la fauna d'Amèrica (bàsicament de Xile) i de les illes Filipines i que ja havia estat a les Galápagos i estudià els mol·luscs.

El 1849 John Gould (1804-1881), reconegut com el major coneixedor d'aus de l'època, va escriure i va editar *A Monograph of Trochilidae, or family of Humming-birds*, cinc volums dedicats a aquestes aus, els colibrís. Charles Darwin va rebre del mateix Gould aquests llibres. John Gould també va resultar jugar un paper protagonista en la història de Darwin, no la que aquest va viure en el seu derroter transoceànic sinó en els temps posteriors, finalitzat ja el viatge del Beagle.



**Figura 19.** Precursors del Darwinisme: Linnaeus, Saint-Hilari, Cuvier, Leclerc, Hutton i Lamarck.

## **ELS PRECURSORS DEL DARWINIME**

Val la pena enumerar alguns dels errors científics vigents abans de la publicació del llibre de Charles Darwin i que ell i els seus precursors (Fig. 19) contribuïren a fer desaparèixer.

- L'edat de la terra, que es creia que no superava el 6000 anys.
- La impossibilitat del canvi de les formes vives que Déu havia creat ja tal com eren.
- La supremacia del saber obtingut per revelació front al coneixement obtingut per altres mètodes com l'observació i la meditació.
- La impossibilitat de trobar una manera plausible de catalogar i classificar les diferents espècies d'animals i vegetals.

En aquest sentit els principals precursors de Darwin foren:

Carl von Linné (1707-1778), el 1686 el botànic anglès John Ray (1625-1705) va definir amb precisió el concepte d'espècie i afirmà que mai una espècie naixia de la llavor d'una altra espècie. Linné aprofità i transformà aquesta idea i proposà un sistema de classificació basat en la morfologia dels òrgans sexuals. Va crear, també, un sistema binomial de nomenclatura que encara s'usa avui en dia; dels dos noms el primer fa referència al gènere al què l'espècie pertany, un grup ampli en el que hi ha altres espècies semblants, i el segon especifica l'espècie concreta de què es tracta. Linné va començar el seu treball convençut del fixisme, però, amb el temps i a mesura que veié les variacions de les espècies, els seus dubtes creixeren i, de fet, en les edicions posteriors del seu llibre va ometre les declaracions sobre el fixisme.

Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788). Encara més ambiciós que Linné, va escriure una obra magna en quaranta quatre volums que constituïa una autèntica enciclopèdia sobre la naturalesa.

Buffon va reconèixer el gran poder del Creador, però, tot i això, per a ell, la naturalesa era activa i capaç de construir, deduir i encadenar processos.

Va escriure que tota família sigui animal o vegetal, tenia un origen idèntic i, fins tot, que tots els animals procedeixen d'un sol animal que en la successió de les eres hauria produït totes les races que ara existeixen. Buffon a la manera de Malthus va creure que els animals es multiplicaven més aviat que els aliments, la qual cosa implicava una lluita per la supervivència. Va pensar que si hi havia espècies animals que havien desaparegut era per mor de les èpoques glacials a les què havia estat sotmesa la terra.

James Hutton (1728-1799) fou el primer geòleg sistemàtic i substituï les hipòtesis catastrofistes pel principi de l'uniformisme, que diu que els processos que transformen la terra són sempre els mateixos i són molts lents.

Segons el seu punt de vista tot condueix crònicament al desgast i a l'aplanament. Hi ha d'haver, idò, una força contrària que contraresti aquesta tendència. Hutton postulà que aquesta força que feia aixecar les coses era el calor de l'interior de la Terra.

Els volcans, les muntanyes i, en general, els bonys de la crosta terrestre eren una manifestació d'aquesta força interior.

Les idees de Hutton, que proporcionaren el factor temps a les teories evolucionistes no tingueren massa acceptació a la seva època, però foren recollides per Lyell, els llibres del qual acompanyaren a Darwin en el seu transcendental viatge amb el Beagle.

Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Fou col·laborador de Buffon i, com ell, professor del Museu d'Història Natural de París. L'any 1800 pronuncià una conferència inaugural en la què exposà una teoria molt lògica i coherent sobre la transformació.

El bessó de la seva hipòtesi era que l'esmentada transformació era producte de dues causes: el temps i l'esforç que fan els animals per a sobreviure. Aquests esforços fan que els sers vius es diversifiquin i s'enforteixin. Els canvis que sofreixen són transmissibles a les noves generacions i són els que originen noves espècies. Segons Lamarck a la naturalesa s'hi podia distingir una escala molt subtil que aniria dels animals més simples als més complexos per arribar, finalment, a l'home, el més complex de tots. Déu, segons Lamarck havia creat la naturalesa i les seves lleis, i eren aquestes lleis les que explicaven la diversitat que es podia observar a simple vista.

La hipòtesi de Lamarck s'ha exemplificada moltes vegades amb el canvis que ha sofert el coll de la girafa. En estirar-lo una i altra vegada per arribar a les fulles més altes aconseguia modificar les vèrtebres i transmetre aquests canvis als seus descendents que seguirien un mateix procés. De la mateixa manera, els òrgans que no s'usaven s'atrofiaven i les noves generacions naixien ja amb aquests òrgans disminuïts. És veritat que la teoria de Lamarck és més bona de pair que la de Darwin i que Lamarck mirà d'evitar qualsevol conflicte amb l'Església. Així i tot, és de justícia assenyalar que per explicar l'evolució de la raça humana utilitzà el mateixos arguments que per a la resta de les espècies.

Georges Cuvier (1769-1832) va treballar en el Museu d'Història Natural de París i fou un dels més importants fundadors de l'anatomia comparada. Es convertí en una autoritat en la interpretació dels cada vegada més abundants fòssils i, per tant, en un dels pares d'una nova ciència que es denominaria paleontologia. No resulta fàcil explicar perquè Cuvier, que havia acumulat una gran informació sobre anatomia comparada i paleontologia, no va veure en absolut la raó que tenien els transformistes i el fet empíric que com més vells eren els fòssils menys s'assemblaven amb les formes vives. El seu fixisme fou tan recalitrant que dedicà grans esforços a combatre Lamarck i la seva idea de que les espècies canvien amb el temps.

Richard Owen (1804-1892) va estudiar medicina a la prestigiosa Universitat d'Edimburg. Exercí poc temps de metge ja que ben aviat decidí dedicar-se a la recerca bàsica i molt concretament al camp de l'anatomia comparada. L'any 1856 fou nomenat conservador de la secció d'Història Natural del British Museum. Ell seria l'artífex de que aquesta esmentada

secció es desmembrà del museu general i es convertí en el famós Museu d'Història Natural de South Kensington. Introduí nocions que resultaren fonamentals pels estudis d'anatomia comparada, com foren les d'homologia i analogia.

Homòlegs són aquells òrgans que tenen estructura semblant, encara que realitzin funcions diferents, mentre que anàlegs són els òrgans que realitzen una funció semblant, encara que tinguin una estructura diferent. Homòlegs són el braç i la mà de l'home, la pota del cavall, l'aleta d'una balena i l'ala d'un aucell i, en canvi, són anàlegs les brànquies dels peixos i els pulmons dels mamífers. Owen fou presentat a Darwin i l'ajuda a interpretar correctament alguns fòssils sud-americans que Darwin havia cregut que estaven emparentats amb animals del continent Africà.

Thomas Malthus (1766-1834) fou un economista que va pertànyer al corrent de pensament clàssic i que és considerat un dels pares de la demografia. Fou conegut principalment pel seu *An essay on the principle of population* (1798) on exposà la idea de que la població humana creix en progressió geomètrica mentre que els mitjans de subsistència ho fan just en progressió aritmètica, la qual cosa fa que arribi un moment en que no existeixin aliments per a tots i comenci una gran competència per aconseguir-los.

En la seva autobiografia Darwin digué que havia llegit Malthus el 1838 i que li havia cridat molt l'atenció el fet que en circumstàncies favorables, les variacions tendien a ser conservades i en circumstàncies desfavorables a ser destruïdes.

Charles Lyell (1797-1875) va consolidar les idees de James Hutton. És a dir, la tesi uniformista que afirmava que la Terra s'havia format lentament al llarg d'extensos períodes de temps i a partir de les mateixes forces físiques que avui regeixen els fenòmens geològics: l'erosió, els terratrèmols, els volcans, les inundacions. L'uniformisme s'oposava al catastrofisme, tesi segons la qual la Terra hauria estat modelada per una sèrie de catàstrofes en un temps relativament breu.

Charles Darwin llegí el primer volum de l'obra de Lyell durant el seu viatge d'exploració en el HMS Beagle i escriví que el llibre *Principis de geologia* de Lyell havia canviat la seva forma de mirar el món, i havia estat una inspiració fonamental per poder escriure *L'origen de les espècies*.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) fou un naturalista francès que es professionalitzà i fou un dels dotze professors del Museu de Ciències Naturals de París. Va desenvolupar la teoria dels anàlegs i de les connexions. Segons la teoria del anàlegs existeix una correspondència entre els òrgans de totes les espècies, mentre que el principi de les connexions és el que permet localitzar aquestes correspondències. Els òrgans poden trobar-se hipertrofiats, atrofiats o fins i tot poden haver desaparegut, però el model comú es manté. La reducció de tots els plans corporals a un sol tipus provocà una gran polèmica entre Saint Hilaire i Georges Cuvier. Pel que fa a l'evolució de les

espècies, Saint Hilaire es declarà proper al transformisme lamarckià, però mai es plantejà la qüestió d'un ancestre comú.

## L'OBRA CIENTÍFICA DE DARWIN

Més que als estudis acadèmics propis als que estava matriculat, Charles Darwin va treure molt profit de la seva estada a Cambridge quan assistia a les classes de geologia i de botànica i entomologia que impartia el prevere J.S. Henslow. Com a fruit de l'amistat sorgida entre el professor i l'alumne, el mateix Henslow fou qui recomanà a Darwin per embarcar-se en una expedició de cinc anys arreu de tot el món, com a naturalista a bord de vaixell H.M.S. Beagle, un fet importantíssim dins la seva vida. L'objectiu de l'expedició, dirigida pel capità Robert Fitzroy, era la de completar l'estudi topogràfic de Amèrica del Sud i diverses regions del Pacífic.

Des de la seva tornada a Anglaterra el 2 d'octubre de 1836, Darwin ja comença a escriure el primer quadern de notes sobre els seus nous punts de vista en relació a la transmutació de les espècies, investigació que li permeteren perfilar la idea de que la selecció era la clau de l'èxit humà en l'obtenció de millores útils en plantes i animals. També comença a esbrinar algunes idees de la seva teoria de l'evolució, amb unes primeres anotacions que comencen a prendre forma el 1837 però que torbaria més de dues dècades en veure la llum. Encara que aquesta teoria li donà reconeixement universal, les seves investigacions permeteren també confirmar la teoria de la uniformitat del geòleg escocès Charles Lyell, comprovar les relacions existents entre les roques plutòniques i la lava volcànica i establir les bases de l'anomenada teoria de la deformació. Així mateix, formulà la teoria sobre la formació dels esculls de coral, en vigor a l'actualitat. Entre les seves diverses observacions, tingueren gran importància els estudis efectuats a les Illes Galápagos sobre la gran diversitat de pinsans a aquelles latituds, tots ells adaptats a diferents nínxols ecològics.

El 24 de novembre de 1859 publica la seva obra cabdal *The Origin of Species* o *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Les implicacions teològiques de l'obra, que atribuïa a la selecció natural facultats fins a les hores sols reservades a Déu, foren la causa de que de manera immediata comences a formar-se una forta oposició a l'obra per part d'alguns sectors.

Durant els anys posteriors a la publicació de *L'origen de les espècies*, Darwin explorà amb detall moltes de les seves propostes a través dels experiments que feia a casa i a l'hivernacle que havia fet construir. Però la seva correspondència bullia de preguntes i demandes de favors: a tota mena de cultivadors de plantes, jardiners, criadors de coloms, dames afeccionades a les orquídies, etc.





**Figura 20.** Un tema de treball de Darwin, les expressions.

Que les cartes marcaren la seva vida ho prova el fet que s'assabentà que Alfred Russel Wallace havia proposat una teoria de la selecció natural, força similar a la seva, mercè a una carta que li envià des de l'arxipèlag malai el 1858. I per a provar davant la Societat Linneana que ell ho havia pensat abans, aportà una carta escrita a Asa Gray mesos abans on li explicava les idees essencials sobre la selecció natural.

Darwin va intentar mantenir-se apartat de la polèmica fins que el 1871 publica *The Descent of man and selection in relation to sex*, on exposà els seus arguments a favor de la tesis de que els humans varen aparèixer sobre la Terra a través de processos exclusivament naturals. L'any 1872 publica *The Expression of the emotions in man and animals*, obra bàsica pels que anys més tard serien els estudis de comportament animal (Fig. 20).

## **SOBRE L'ORIGEN DE LES ESPÈCIES PER MEDI DE LA SELECCIÓ NATURAL**

### ***La teoria de l'evolució de Darwin***

Un dels llibres que el jove Charles Darwin havia escollit per acompanyar-lo en el seu viatge era *Principis de Geologia*, l'autor del qual era el seu amic Charles Lyell (1797-1875). Lyell explicava els canvis del passat en la superfície de la terra per l'acció gradual de les mateixes causes observables que en el present actuen, és a dir, defensava que el funcionament geològic no havia canviat i que anava amb extrema lentitud. Darwin assumí aquest plantejament de Lyell: els canvis biològics en el passat s'expliquen per les mateixes causes que actuen en el present. Un altre llibre influí en el jove pensament de Darwin, l'*Assaig sobre el principi de població* de Thomas Malthus (1776-1834), en el qual parla de la inevitable lluita per la vida i de

l'avantatge que en aquesta tenen els individus més ben dotats; d'aquí emergeix la cèlebre idea de la selecció natural.

És prou conegut que, independentment de Darwin, el naturalista anglès Alfred Wallace (1823/1913), després de viatjar per l'Amazònia i altres llocs, arribà a les mateixes conclusions en els mateixos anys. L'alta qualitat personal d'ambdós naturalistes evità polèmiques sobre qui fou el primer en establir les idees claus de la teoria de l'evolució.

El 1858 aparegué una publicació conjunta: un article de Wallace sobre l'evolució i un resum de les idees evolucionistes que Darwin exposava en el seu manuscrit *L'origen de les espècies mitjançant la selecció natural*, que no gosà publicar fins el 1859. Fou el mateix Wallace qui començà a utilitzar l'expressió darwinisme per designar aquest comú conjunt d'idees.

La teoria evolutiva o darwinisme es concreta en els següents punts o postulats:

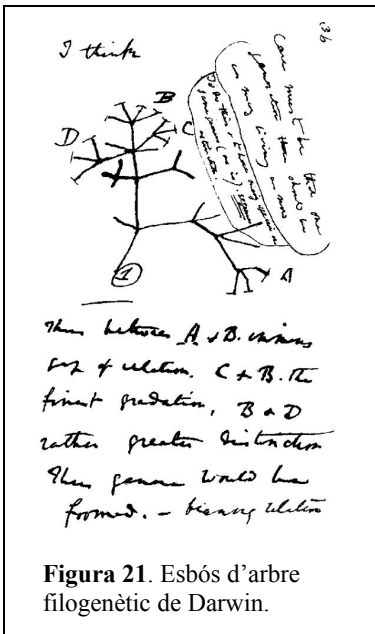
- Les formes de vida no són estàtiques sinó que evolucionen; les espècies canvien contínuament, unes s'originen i altres s'extingeixen.
- El procés de l'evolució és gradual, lent i continu, sense salts discontinus o canvis sobtats.
- Els organismes semblants estan emparentats i descendeixen d'un avantpassat comú. Tots els organismes vivents poden remuntar-se a un origen únic de la vida.
- La selecció natural és la clau, en dues fases, que explica tot el sistema.

La primera fase és la producció de variabilitat: la generació de modificacions espontànies en els individus.

La segona, la selecció a través de la supervivència en la lluita per la vida: els individus més ben dotats, els que han nascut amb modificacions espontànies favorables per fer front al medi ambient, tindran més possibilitats de sobreviure, de reproduir-se i de deixar descendents amb les seves avantatges.

### ***La grandesa de Darwin***

Mai no podrem observar el canvi evolutiu. Els pocs mils anys de vida humana no constitueixen sinó una etapa insignificant en relació amb el llarg període en què s'ha realitzat l'evolució. La grandesa de Charles Darwin està en haver inferit aquest llarg procés de la vida. Imaginem que una efímera (*Ephemera*), aquest insecte que no viu més que un dia, observés diferents moments de la vida humana: veuria nadons, nens, adolescents, joves, adults, vells, però no descobriria cap desenvolupament ni canvi.



L'efimera de Charles Darwin ha sabut veure més enllà. De l'ordenació sistemàtica de les espècies existents, és a dir, de la classificació dels animals, des dels organismes unicel·lulars, passant per les diferents formes d'animals marins, i seguint amb els peixos, amfibis, rèptils, aus, mamífers, fins a l'home, d'aquesta ordenació sistemàtica, Darwin n'ha inferit una ordenació històrica de la seva gènesi: la vida començà amb uns primitius éssers vius unicel·lulars i, en el curs de milions d'anys, ha continuat en formes cada vegada més complexes fins arribar a l'ésser humà.

Darwin realitzar un esbós del que podria ser el primer arbre filogenètic de la història de la ciència (Fig. 21).

## Variabilitat i selecció natural

### Transcripció del text

Si durant el llarg decurs de les edats i sota condicions de vida variants els éssers orgànics varien del tot en les diverses parts de llur organisme -i penso que això és indiscutible-; si hi ha, a causa del poder d'augment en alta progressió geomètrica de cada espècie, en edats, temporades o anys qualsevol, una àrdua lluita per la vida -i això és indiscutible certament-; llavors, considerant la infinita complexitat de les relacions de tots els éssers orgànics entre si i amb llurs condicions d'existència, tot causant una infinita diversitat d'estructura, constitució i hàbits, per a avantatge propi, penso que seria un fet d'allò més extraordinari que cap variació no hagués resultat mai útil a la benança de cada ésser, de la mateixa manera que moltes variacions han estat útils a l'home. Però si es produeixen variacions útils a qualsevol ésser orgànic, segurament que els individus caracteritzats així tindran les màximes probabilitats de ser preservats en la lluita per la vida; i, en virtut del fort principi de l'herència, tendiran a produir descendència semblantment caracteritzada. Aquest principi de preservació, l'he anomenat, per tal d'ésser breu, selecció natural.

Darwin, Ch. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life.* London, John Murray, 1st edition, p. 126-127.

## ELS DARWINISTES DE PRIMERA HORA

Immediatament després de l'aparició de l'*Origen de les espècies* l'any 1859, la comunitat científica internacional es va dividir entre els que acceptaven les teories que en ella s'expressaven i els que hi estaven en contra.

Un decidit partidari de les teories evolucionistes, ja ho era abans de la publicació de l'*Origen de les espècies*, fou el geòleg escocès Charles Lyell (1797-1875) amb el què Darwin havia establert una estreta relació d'amistat científica.

Així l'obra de Lyell *Principles of Geology* (1830-1833) havia servit a Darwin per comprendre com la metodologia concebuda per ell per explicar l'evolució en el regne animal es podia estendre a la geologia aplicant les teories de Lyell denominades de *l'uniformisme gradualista* que trencava amb les teories tradicionals que eren fixistes i catastrofistes i que bàsicament consistien en afirmar que normalment els canvis tenen lloc en forma de passes graduals.

Joseph Dalton Hooker (1817-1911), botànic anglès, fou un dels primers confidents de Darwin en relació a les teories evolucionistes i, juntament amb Lyell, el seu principal animador per a que publicqués les seves troballes. Autor de treballs com *The botany of the Antarctic Voyage* (1844-1859).

No es pot parlar de les idees evolucionistes sense parlar del que es pot dir fou co-descobridor de les teories evolucionistes, el naturalista britànic Alfred Russel Wallace (1823-1913). Així l'any 1858 envià a Darwin un manuscrit, per ésser llegit per ell i Lyell, en el què es descrivia la teoria de la selecció natural de forma molt semblant a com la formulava Darwin en els seus manuscrits encara no publicats. Lyell, amb bon criteri, a més d'animar Darwin a treure a la llum els seus manuscrits, va preparar la publicació del manuscrit de Wallace juntament amb dos escrits anteriors de Darwin en els què feia un esbós de la teoria de la selecció natural.

Des d'aquest moment, Wallace fou un decidit defensor de la teoria de l'evolució sense reclamar cap tipus de primacia en relació a la formulació de la teoria de l'evolució mitjançant la selecció natural. Va publicar treballs com *On the zoological geography of the Malay archipelago* (1859).

Un altre decidit partidari de les teories darwinistes des de el primer moment fou el biòleg i paleontòleg anglès Thomas Henry Huxley (1825-1895), que les va defensar davant els atacs de l'església més reaccionària de la Gran Bretanya. Anatomista de primer nivell, va recopilar l'any 1863 una sèrie d'articles a favor de les teories darwinistes i les va publicar amb el títol d'*Evidence as to Man's Place in Nature*. En ells defensava que, en qualche moment de la història de la humanitat, els simis i els homes tenien un avant passat comú i, conseqüentment, va fer augmentar el nivell d'oposició a les teories darwinistes dels sectors més conservadors de la societat.

El darwinisme va ésser vist des del principi de les primeres exposicions públiques dels seus postulats pels intel·lectuals del moment com una proposta

que implicava alguna cosa més que ser una teoria revolucionària en l'àmbit de la biologia.

Una bona prova d'això la trobam en l'actitud del sociòleg anglès Herbert Spencer (1820-1903), enginyer civil de formació acadèmica, però amb una producció científica que va abastar des de la filosofia a la biologia i que va aplicar les teories evolucionistes a totes les seves obres. Entre les seves obres cal destacar el conjunt de les compreses a *System of Synthetic Philosophy* (1862-1897) (10 vol.) i, dins aquestes *First Principles of a New System of Philosophy* (1862) i *Principles of Biology* (1864), amb revisions posteriors.

Des de fora de la Gran Bretanya, el metge, biòleg i filòsof Ernest Haeckel (1834-1919) es va convertir amb un dels grans impulsors de les teories darwinistes arreu del món des de la publicació de la seva obra més emblemàtica *Generelle Morphologie der Organismen* (Morfologia General dels Organismes) en què va introduir els estudis anatòmics i embriològics a l'hora d'investigar l'evolució dels éssers vius.

A Espanya el primer darwinista destacat fou el metge valencià Peregrí Casanova (1849-1919) catedràtic d'anatomia descriptiva a la Universitat de València i autor de llibres en els què defensava el darwinisme tals com *La morfologia humana del porvenir* (1877) i *La biologia general* (1877).

Fou l'organitzador d'un famós homenatge a Darwin, celebrat amb motiu del centenari del naixement de Darwin el febrer de l'any 1909 al Paraninf de la Universitat de València, amb presència activa d'un altre destacat darwinista el rector de la Universitat de Salamanca, Miguel de Unamuno (1864-1936).

L'any 1877 va aparèixer a Espanya la primera traducció del llibre de Darwin de la mà de l'editor progressista, krausista i darwinista José del Perojo traduït, per Enrique Godinez amb el títol de *Orígen de las especies por medio de la selección natural, ó, la conservacion de las razas favorecidas en la lucha por la existencia*.

El mateix editor venia defensant les idees darwinistes des de 1875 mitjançant la que podríem anomenar primera publicació periòdica defensora del darwinisme a Espanya, *La Revista Contemporánea* (1875-1907).

L'aragonès Odón de Buen (1863-1945), maçó, progressista i catedràtic de Zoologia i Botànica a Barcelona i posteriorment de Geologia i Botànica a Madrid, fou des de molt jove defensor de les idees darwinistes tal com exposà a obres com *Anales de Historia Natural* (1883) i *Historia Natural* (1890).

La primera obra relacionada amb Darwin publicada en català fou la traduïda per Leandre Pons Dalmau, *Viatge d'un naturalista alrededor del món*, publicada de forma incompleta l'any 1879 a la biblioteca del Diari Català, impulsada pel catalanista progressista Valentí Almirall (1841-1904).

## LA INTRODUCCIÓ DEL DARWINISME A LES ILLES BALEARS

Cronològicament, després cal tenir en compte la figura del metge Fernando Weyler i Laviña (1808-1879), pare del famós General Valeriano Weyler i Nicolau (1838- 1930). Fernando Weyler va nèixer a Madrid el 1808 i va estudiar cirurgia al Real Col·legi de Cirurgia de Barcelona. Weyler fou un persona absolutament dedicada a la seva professió, a l'estudi i a la publicació d'obres de caire mèdic i històric. Es convertí en el professional mèdic de més categoria científica de les Balears de la segona meitat del segle XIX. Morí el 1879 quan era President de la Reial Acadèmia de Medicina de Mallorca.

De l'extensa producció científica de Weyler destaca la seva *Topografia Medica de Mallorca* (Palma, 1854) probablement el llibre mèdic més important que s'ha escrit mai sobre la nostra illa major. Se sap perquè va sortir publicada una ressenya que el dia 31 d'octubre de 1869 Weyler llegí en una conferència davant l'Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i que titulà *Indagación del origen y formación del hombre, época y sitio de su aparición y transformaciones que haya podido experimentar hasta constituir las formas con que en el día se presenta*. Pel que sabem fins ara la conferència fou dictada des del punt de vista indubtablement transformista.

A la revista *El Porvenir de Baleares* (1878-1879), de la mà del geòleg Paulin Vernier (1818-18??) i del metge Miquel Berga (1845-1921), coneguts maçons, es varen publicar l'any 1878 dos articles d'orientació darwinista. El primer, del publicista francès George Guérout (1810-1872), *El darwinisme* i el segon, del científic darwinista anglès John Tyndall (1820-1893), *El hombre i la ciència*.

Al seu article, Tyndall assegurava que:

«...*Muchos habreis tenido que oír los espavientos que durante los años subsiguientes á la publicación a la obra de Darwin "Origen de las especies", han atronado al mundo. Pues bien, hoy el mundo y aun el mundo clerical, en su mayoría han llegado a comprender que aquel libro refleja sensiblemente una gran verdad natural, que es que: nosotros que hoy estamos a la cabeza del siglo, hemos llegado á este puesto elevado pasando durante tiempos cuasi ilimitados, al traves de innumerables formas de vida, por promociones sin fin, hacia formas más elevadas...*».

A la segona etapa de l'Ateneo Balear, del 1877 al 1892, es va defensar el darwinisme per part els seus principals dirigents. Així, la revista de l'institució, *El Ateneo* (1890-1891), va publicar articles de destacats científics darwinistes europeus, entre els què cal destacar el que aparegué l'any 1890 del destacat geòleg darwinista francès Stanislas Meunier (1843-1925): *Académie des sciences séance du 9 de décembre 1889*.

Igualment a la biblioteca de l'Ateneo es podien llegir llibres com *La evolución y el transformismo* de Ernest Haeckel, *La especie humana* de Herbert Spencer i *La inteligencia* de Charles Darwin.

Les primeres institucions educatives en les quals es va ensenyar el Darwinisme a les Illes varen ésser les inspirades en la *Institución Libre de*

*Enseñanza: la Escuela Mercantil* (1880-1884) i la seva successora, la *Institución Mallorquina de Enseñanza* (1884-1887).

Una mostra del seu ideal fundacional fou exposada en les pàgines del *Boletín de la Institución Mallorquina de Enseñanza* (1882-1886) en el qual podem trobar, entre d'altres, articles de coneguts darwinistes i institucionalistes espanyols com el botànic i farmacèutic Blas Lázaro (1858-1921) i el geòleg madrileny establert a Mallorca Rafael Lozano Rey.

A l'Institut Balear, a finals del XIX, el doctor en Ciències Naturals i catedràtic d'Història Natural i Agricultura, Josep Monlau (1832-1908), autor el 1890 d'una nova versió de *Programa de un curso de Historia Natural: para uso de los institutos de segunda enseñanza y escuelas normales*, explica el que era el darwinisme d'una forma neutral tal com ho feia a l'hora d'explicar-lo al seus alumnes de l'Institut, probablement des d'una postura neutral.

Una petjada clara del darwinisme a les Illes la va deixar, encara que no va exercir directament la docència a les Illes Balears, el doctor en ciències naturals, l'aragonès Odón de Buen (1863-1945). Odón va guanyar l'any 1889 la Càtedra de Zoologia, Botànica, Geologia i Mineralogia de la Universitat de Barcelona. Durant els primers anys de catedràtic va organitzar l'ensenyament teòric i pràctic de les matèries de què era professor i publicà tractats escolars de geologia i botànica, a més d'alguns escrits sobre la dona i la ciència. Des dels inicis de la seva carrera com a científic, Odón de Buen fou un convençut darwinista, la qual cosa li comportà no pocs problemes.

Odón fou, a més, un professor que revolucionà l'ensenyament de les ciències naturals ja que, a més de les habituals pràctiques de laboratori, donà un enorme valor a les excursions on els alumnes poguessin observar els sers vius en el seu medi ambient i no solament aquells conservats en formol o dissecats als museus. Aquesta necessitat de veure la naturalesa en el seu lloc fou la que l'induí a organitzar des de la càtedra de Barcelona excursions científiques a Mallorca amb els seus alumnes, cada any des de que exercí la docència.

Des de les seves primeres excursions a Mallorca, De Buen projectà crear un laboratori dedicat a les ciències marines a les Illes Balears, semblant al creat a Banyuls pel seu amic el catedràtic de zoologia de la Sorbona, Henri de Lacaze-Duthiers (1821-1901). El seu somni fou realitzat i un Reial decret creava, el 1906, el Laboratorio Biológico-Marino de Porto Pi, que seria inaugurat el 1908. En ell i fins a l'actualitat han fet feina varies generacions de científics amb investigacions, en molts de casos, amb enfocaments darwinistes.

Un deixeble d'Odón de Buen fou el valencià Josep Fuset i Tubià, conegut zoòleg i divulgador científic. Va nàixer a Sueca el 1871. Es llicencià en Ciències Naturals als 20 anys a la Universitat de Madrid i el 1897 es doctorà amb una tesi sobre entomologia. El mateix any ingressà a la Universitat de Barcelona com a ajudant del catedràtic Odón de Buen, amb el qual coincidí no solament des del punt de vista científic, sinó per ser també amant de la provocació i la polèmica. El 1900 s'incorporà a l'Institut Balear

com a professor i, poc després, com a catedràtic. En aquests primers anys fou regidor de l'Ajuntament de Palma representant al partit lerrouxista. Fou el més important col·laborador d'Odón de Buen en la creació del Laboratorio Biológico-Marino de Porto Pi. Quan l'any 1912 Odón de Buen fou traslladat a la Universitat de Madrid, Fuset el substituï al front de la càtedra de Zoologia de la Universitat de Barcelona. Més endavant canviaria l'esmentada càtedra per la de Biologia General i Zoografia de Vertebrats, ocupant-la fins a l'hora de la seva jubilació.

Fuset fou un autor d'èxit, que confegí diversos manuals universitaris de Zoologia i Biologia i publicà alguns treballs d'anatomia i zoologia d'invertebrats i aus. El seu treball més conegut és *Aves de Catalunya*, que fou publicat a les *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Alguns historiadors han subratllat que no sempre és clara la posició de Fuset, que oscil·la entre el transformisme de Darwin i el de Lamarck.

## AGRAÏMENTS

Fer un cicle de conferències no és senzill, demanar als autors que en facin un article encara és més complicat. Per tot això vull agrair la tasca dels altres dos coordinadors, en Damià Vicens i n'Antelm Ginard, per la seva constància a l'hora d'organitzar amb resultats extraordinàriament positius aquest cicle i aquesta publicació.

Fa anys, vaig participar en l'organització de l'Any Darwin a les Illes Balears. Allà vaig compartir molta de feina i amistat amb molts de membres del Comitè Científic i del Comitè Organitzador. Aquestes persones estan ja explicitades a la introducció d'aquest article de divulgació, però voldria expressar novament el meu agraïment per la feina ben feta a Jaume Rosselló, a Joan March, a Josep Miquel Vidal i a Antoni Amengual, amb qui vaig compartir moltes hores durant l'any 2009 i principis del 2010.

## BIBLIOGRAFIA

- Ashwell, A. (2009). *En el bicentenari de Darwin, i els ocells?* Elementos, 74: 3-13.
- Bell, T. (1843). Reptiles Part 5. of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. In Darwin C.R. Edit i supervisor. London. Simth Elder and Co.
- Darwin, C. R. (1859) *The Origin of Species o On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London, John Murray, 1st edition.



- Darwin, C. R. (1989). *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*. Ed. Grech. Madrid. Reproducció de l'edició de 1899, publicada a Madrid, La España Moderna, que correspon a l'edició anglesa de 1860.
- Fitzroy, R. (1839). *Narrative of the surveying voyages of His Majesty's Ships Adventure and Beagle between the years 1826 and 1836, describing their examination of the southern shores of South America, and the Beagle's circumnavigation of the globe. Proceedings of the second expedition, 1831-36, under the command of Captain Robert Fitz-Roy*, R.N. London: Henry Colburn.
- Gentile, G. i Snell, H.L. (2009). *Conolophus marthae sp.nov.* (Squamata, Iguanidae), *a new species of land iguana from the Galápagos archipelago*. *Zootaxa* 2201: 1-10.
- Gould, J. (1838). *Birds Part 3 no 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle*. In Darwin C.R. Edit.
- Hooker, J. D. (1851a). *An enumeration of the plants of the Galapagos Archipelago; with descriptions of those which are new*. *Transactions of the Linnean Society of London*, 20: 163-233.
- Hooker, J. D. (1851b). *On the vegetation of the Galapagos Archipelago, as compared with that of some other tropical islands and of the continent of America*. *Transactions of the Linnean Society of London* 20: 235-262.
- Leakey, R.E. (1994). *Introducción*. Dins Darwin, Ch. R. *El origen de las especies ilustrado*. Librería Reseña. Barcelona.
- Moorehead, A. (1985). *Darwin. La expedición en el Beagle (1831-1836)*. Ediciones del Serbal. Barcelona.
- Parodiz, J.J. (1981). *Darwin in the New World*, Leiden.
- Pons, G.X. (2010). *Darwin, les illes Galápagos i les illes Balears*. In: Rosselló, J. i Pons, G.X. (edit.). *Charles Darwin o l'evolució intel·ligent. Commemoració de l'any Darwin a les Illes Balears*. Institut d'Estudis Balearics (IEB) 96/97 oct. 2009 / abr. 2010. 101-110.
- Pons, G.X. (comissari) (2009). Autors: Barceló, Ll., Barceló, S., Bujosa, F., Bustos, P., Cela-Conde, C.J., Flexas, A., Christensen, J., Gamundí, A., March, J., Moreno, I., Munar, E., Nadal, M., Olivera, A., Palmer, M., Petitpierre, E., Pons, G.X., Ramon, M., Rosselló, J. i Vilanova, J. *Exposició any Darwin a les Illes Balears*.
- Rosselló, J. i Pons, G.X. (edit.) (2009). Aniversari Charles Darwin 200. Pissarra. Indicador de Treballadors i Treballadores Intersindical de les Illes Balears. Octubre-novembre-desembre, 133: 1-33.

- Rosselló, J. i Pons, G.X. (edit.) (2010). *Charles Darwin o l'evolució intel·ligent. Commemoració de l'any Darwin a les Illes Balears*. Institut d'Estudis Balearics (IEB) 96/97 oct. 2009 / abr. 2010. 1-145.
- Tambussi, C.P. (2009). *Darwin a l'Argentina: fòssils, aus i el paper clau del violinista sord*. Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 52: 9-29.
- Valledor, A. i González, D. (2014). *Caracoles viajeros*. Quercus, 342: 34-44.
- Waterhouse, G.R. (1845). *Description of coleopterous insects collected by Charles Darwin, Esq., in Galápagos Islands*. Annals and Magazine of Natural History, 16:19-41.

### **OBRES MÉS IMPORTANTS DE CHARLES ROBERT DARWIN COM AUTOR, EDITOR O SUPERVISOR**

- 1835 - Extracts from letters to Professor Henslow (edició privada).
- 1836 - A Letter, Containing Remarks on the Moral State of Tahiti, New Zealand, &c. - del Capt. R. FitzRoy and C. Darwin, Esq. del H.M.S. Beagle.
- 1838-1843 - Zoology of the Voyage of H.M.S. Beagle: publicada entre 1839 i 1843 en cinc parts (i dinou números) per diversos autors, editat i supervisat per Charles Darwin, que va contribuir en seccions de dues parts:
- 1838 - Birds Part 3 no. 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.
- 1838 - Fossil Mammalia Part 1 no. 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Richard Owen. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co. Includes by Darwin: Preface pp. [i]-iv and Geological introduction (pp. 3-12).
- 1838 - Mammalia Part 2 no. 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By George R. Waterhouse. Includes by Darwin: Geographical introduction (pp. i-v) and A notice of their habits and ranges. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co
- 1838 - Mammalia Part 2 no. 3 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By George R. Waterhouse. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.
- 1838 - Mammalia Part 2 no. 2 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By George R. Waterhouse. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.
- 1839 - Mammalia Part 2 of The zoology of the voyage of HMS Beagle. by George R. Waterhouse. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Fossil Mammalia Part 1 no. 3 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Richard Owen. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Birds Part 3 no. 3 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Birds Part 3 no. 4 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Birds Part 3 no. 2 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Fossil Mammalia Part 1 no. 2 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Richard Owen. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Mammalia Part 2 no. 4 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By George R. Waterhouse. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1840 - Fossil Mammalia Part 1 of The zoology of the voyage of HMS Beagle. by Richard Owen. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1840 - Fish Part 4 no. 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Leonard Jenyns. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1840 - Fossil Mammalia Part 1 no. 4 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Richard Owen. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1840 - Fish Part 4 no. 2 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Leonard Jenyns. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1841 - Birds Part 3 no. 5 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1841 - Fish Part 4 no. 3 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Leonard Jenyns. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1841 - Birds Part 3 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. by John Gould. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1842. Fish Part 4 of The zoology of the voyage of HMS Beagle. by Leonard Jenyns. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1842 - Reptiles Part 5 no. 1 of The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle. By Thomas Bell. Edited and superintended by Charles Darwin. London: Smith Elder and Co.

1839 - Journal and Remarks, The Voyage of the Beagle, Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle under the command of Captain Fitz Roy.

1842 - The Structure and Distribution of Coral Reefs.

1844 - Geological Observations of Volcanic Islands.

1846 - Geological Observations on South America.

1849 - Geology a A Manual of scientific enquiry; prepared for the use of Her Majesty's Navy: and adapted for travellers in general., John F.W. Herschel ed.

1851 - A Monograph of the Sub-class Cirripedia, with Figures of all the Species. The Lepadidae; or, Pedunculated Cirripedes.

1851 - A Monograph on the Fossil Lepadidae; or, Pedunculated Cirripedes of Great Britain.

1854 - A Monograph of the Sub-class Cirripedia, with Figures of all the Species. The Balanidae (or Sessile Cirripedes); the Verrucidae, etc.

1854 - A Monograph on the Fossil Balanidæ and Verrucidæ of Great Britain.

1858 - On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection (Extract from an unpublished Work on Species).

1859 - The Origin of Species o On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life.

1862 - On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects.

1868 - Variation of Plants and Animals Under Domestication.

1871 - The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex.

1872 - The Expression of Emotions in Man and Animals.

1875 - Movement and Habits of Climbing Plants.

1875 - Insectivorous Plants.

1876 - The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom.

1877 - The Different Forms of Flowers on Plants of the Same Species.

1879 - Preface and 'a preliminary notice a IErasmus Darwin d'Ernst Krause.

1880 - The Power of Movement in Plants.

1881 - The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms.

1887 - Autobiography of Charles Darwin. Editada pel seu fill Francis Darwin.

1887 - Life and Letters of Charles Darwin, (ed. Francis Darwin).

1903 - More Letters of Charles Darwin, (ed. Francis Darwin i A.C. Seward).



# Mendeléiev: la revolució química russa

Antoni Salvà

---

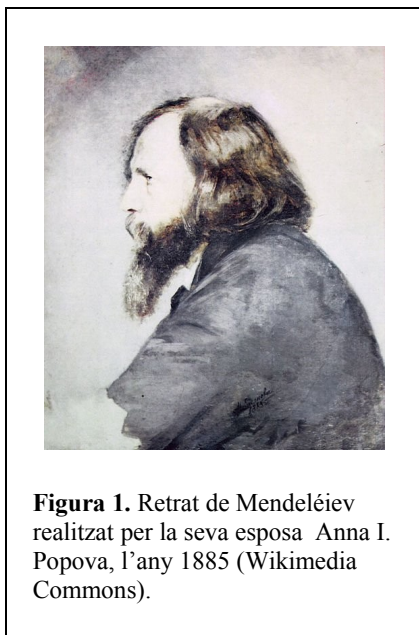
Salvà, A. (2016). Mendeléiev: la revolució química russa. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 211-232. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Dmitri I. Mendeléiev (1834-1907) fou un químic rus que descobrí el 1869 la llei periòdica, això és, una regularitat en les propietats dels elements químics que es repetien cada un cert nombre d'elements quals se'ls ordenava per ordre creixent de la seva massa atòmica. En base a aquesta periodicitat els ordenà en una taula, la taula periòdica, que ha esdevingut una icona pels químics. La llei periòdica permeté a Mendeléiev predir quants d'elements químics encara no s'havien descobert, assenyalar-ne les seves propietats i les dels seus composts, i detectar errors en valències i masses atòmiques dels coneguts. Fou també el primer que descobrí la temperatura crítica, el primer en formular la famosa equació d'estat dels gasos ideals i el primer en calcular el valor de la constant dels gasos R. Malgrat la gran importància dels seus descobriments no fou guardonat amb el Premi Nobel de Química. Les seves idees polítiques l'enfrontaren al règim tsarista, malgrat l'assessorà en moltes ocasions en qüestions tècniques, i dimití de la seva càtedra a la universitat als 56 anys. Per evitar un escàndol major, el govern li donà un càrrec a l'Oficina de Peses i Mesures, que modernitzà i preparà per a la introducció del sistema mètric.

**D**mitri Ivànovitx Mendeléiev és un químic conegut com l'artífex de la taula periòdica i com el químic que fou capaç de predir l'existència de nous elements químics, les seves propietats i el nombre aproximat d'elements que

hi havia a la naturalesa. El seu origen rus i les seves obres escrites en rus impediren durant bona part del segle XX conèixer la seva biografia i d'altres contribucions científiques importants. Al mateix temps sorgiren un cert nombre d'anècdotes, que resten sense documentar, com ara el fet que descobrí l'ordenació dels elements químics en un somni, que els descobrí



**Figura 1.** Retrat de Mendeléiev realitzat per la seva esposa Anna I. Popova, l'any 1885 (Wikimedia Commons).

jugant a cartes o que els seus estudis sobre les dissolucions d'etanol en aigua siguin la base del secret del vodka rus. La poca informació que arribava als estudiants de química, comparada amb la d'altres científics, la fotografia amb unes llargues i blanques cabellera i barba que ha esdevingut una representació del típic científic (Fig. 1), induïa a pensar que es tractava d'un químic que treballava solitari en la llunyana Sibèria, on naixé. Tot al contrari, Mendeléiev fou un gran viatger durant tota la seva vida, estava en contacte amb els químics més destacats d'Europa i els visitava regularment. Viatjà també als Estats Units on prengué contacte amb les noves tecnologies d'explotació petrolífera. D'Europa importà també tecnologia cap a una Rússia que havia

quedat endarrerida respecte del món occidental i contribuï a la seva modernització. Tingué molts d'enemics, dins la mateixa Rússia en el govern per les seves idees lliberals i reformadores, i en el món acadèmic per la seva germanofília i prestigi internacional; i entre la comunitat científica estrangera també tingué importants enemics que, per exemple, li impediren ser guardonat amb el Premi Nobel de Química. Tanmateix rebé el reconeixement de la majoria de químics i de les més prestigioses universitats i societats científiques de principis del segle XX.

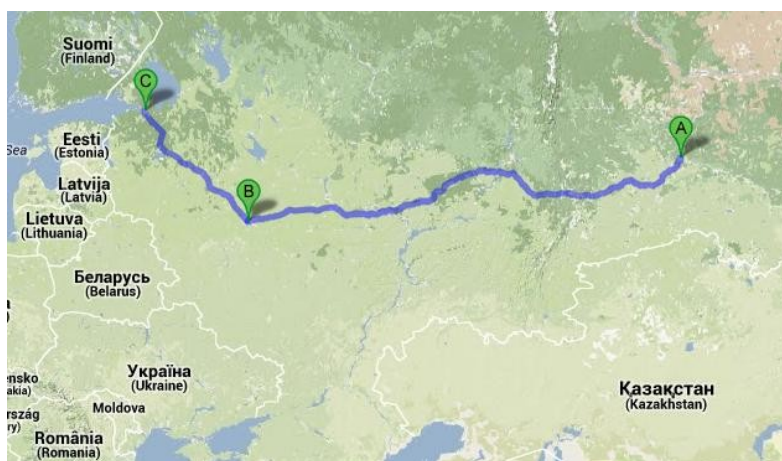
## **BIOGRAFIA**

### ***Infantesa a Tobolsk***

Dmitri Ivanovitx Mendeléiev naixé el 8 de febrer de 1834 (27 de gener segons el calendari julià vigent a Rússia en aquell moment), en la ciutat



siberiana de Tobolsk. El seu pare, Ivan Pávlovich Mendeléiev de 51 anys, que havia estudiat pedagogia a Sant Petersburg, fou destinat com a professor de rus a l'Institut de Tobolsk, on conegué Maria Dimitrievna Korniliev, 10 anys més jove que ell, amb la qual es casà el 1809. Tingueren 17 fills, dels quals en el moment del naixement de Dmitri, el més petit, només en vivien 14. La família es desplaçà a Tambov i a Saratov seguint les destinacions dels pare. Finalment retornaren a Tobolsk durant els anys 20 quan el pare hi fou destinat com a director de l'institut de secundària (Babaev, 2009). Des del 1825 governava Rússia el tsar Nicolau I (1796-1855) que transformà el règim aristocràtic en un despotisme burocràtic al servei de l'estat, la qual cosa congelà Rússia durant el seu regnat (1825-1855) (Román, 2008).



**Figura 2.** Ruta seguida per Mendeléiev, la seva mare i la seva germana des de Tobolsk (A), fins a Moscou (B) i Sant Petersburg (C) el 1849 (Google Maps).

L'any del naixement de Dimitri, el seu pare quedà cec per cataractes i hagué de retirar-se. Com que la pensió era insuficient la seva esposa anà a dirigir la fàbrica de vidre de la seva família a Aremzianskoie, situada a 32 km de Tobolsk. Maria descendia d'una família acomodada que s'havia instal·lat a Tobolsk a principis del segle XVIII i havia introduït a Sibèria les primeres manufactures de paper i vidre. L'avi de Dimitri fundà el 1787 el primer diari de Sibèria, el *Irtysch*. Dimitri començà a estudiar al seu poble als 7 anys. Era bon estudiant, destacant en matemàtiques, física, història i geografia. Però tenia dificultats en llatí, grec i teologia. En aquests anys Mendeléiev passava moltes hores a la fàbrica de vidre, on conegué al químic Timofei que li ensenyà tots els secrets de la manufactura del vidre i li inculcà la idea de que «*Tot en el món és art*». També rebé la influència del seu cunyat Bessargin, espòs de la seva germana major Olga, que amb els seus amics acudia

assíduament a visitar els Mendeléiev car tenien una casa confortable amb una rica biblioteca. Bessargin havia estat desterrat a Sibèria per pertànyer al grup dels Desembristes, que havien descobert les idees il·lustrades d'Europa Occidental en la guerra contra Napoleó, i el 26 de desembre de 1825 protagonitzaren una insurrecció, que fou durament reprimida. De Bessargin i els seus amics descobrí les idees lliberals, aprengué ciències naturals i li quedà la idea que «*Tot en el món és ciència*» (Román, 2008).

El pare de Dmitri morí quan aquest tenia 13 anys i als 15 completà els seus estudis. Com que Dmitri havia començat els seus estudis un any abans de l'edat obligatòria, per evitar els problemes administratius els seus mestres posaren que tenia 16 anys en el seu certificat el 12 juliol 1849 (Babaev, 2009). L'estiu del 1849, Maria i els seus dos fills petits, Dmitri i Elisabeth, emprengueren camí cap a Moscou per a matricular Dmitri a la seva universitat, a uns 2000 km de Tobolsk, en carros de cavalls, car el tren encara no s'havia estès per Rússia (Fig. 2). Maria havia estalviat doblers i decidí invertir-los en l'educació de Mendeléiev enlloc de destinar-los a la reconstrucció de la fàbrica de vidre que quedà destruïda per un incendi el 1848. També comptava amb el suport econòmic del seu germà Vasili Korniliev, que gaudia d'una excel·lent posició i tenia amics influents (Román, 2008).

### ***Els anys d'estudiant a Sant Petersburg***

A Moscou, Mendeléiev no fou admès a la universitat car provenia del districte universitari de Kazan. En la primavera de 1850 Maria i els seus dos fills petits es dirigiren cap a Sant Petersburg, a 650 km. Allà trobaren un clima d'agitació política i el mateix problema per ingressar a la universitat. Però gràcies a Plenov, director de l'Institut Pedagògic de Sant Petersburg, i amic del pare de Mendeléiev, pogué realitzar els exàmens en aquest centre, que preparava als alumnes per a impartir classes als instituts de secundària (Román, 2008). Els superà de forma discreta (un 3,22 sobre 5) i fou admès en el programa del departament de ciències fisico-matemàtiques amb una beca que l'obligava a impartir dos anys de classe a un institut per cada any de formació. Ingressà el mateix any, el 9 d'agost (Babaev, 2009).

El 20 de setembre morí la seva mare de tuberculosi i esgotament físic, el seu oncle Vasili el 1851, i el 1852 la seva germana per les mateixes causes que la mare. Dmitri també hagué de ser hospitalitzat i els metges li diagnosticaren tuberculosi amb poques esperances de vida (Babaev, 2009).

L'horari de treball a l'Institut Pedagògic era molt dur (Román, 2008):

Hora	6.30 8.00	8.30 9.00	9.00 15.00	15.00 16.00	16.30 18.00	19.00 20.30	20.30 21.30	21.30 22.30
Activitat	Estudi	Desdejuni	Estudi	Dinar	Classes (1r cicle) Descans (2n cicle)	Estudi	Sopar	Estudi

Mendeléiev fou admès amb un any d'endarreriment respecte dels alumnes de 1r cicle, la qual cosa l'obligà a repetir curs. Els primers anys destacà poc, el 1851 quedà el 25è de 28 alumnes, però el 1854 ja quedà el 7è (Babaev, 2009). Els seus professors més destacats foren M.V. Ostrogradski<sup>1</sup> en matemàtiques, A.N. Savich<sup>2</sup> en astronomia, H. Lenz<sup>3</sup> i A.T. Kupffer<sup>4</sup> en física, J.F. Brandt<sup>5</sup> en zoologia i Alexander Voskressenski<sup>6</sup> (1809–1880) en química. Voskressenski fou el qui impactà més Mendeléiev, ja que estimulava en els seus alumnes a que pensassin amb audàcia i a vèncer tots els obstacles que poguessin trobar en el seu camí (Pisarzhevski, 1955). Havia estat deixeble de J. von Liebig (1803-1873) i seguia les idees de J.J. Berzelius (1779-1849). Malgrat això, feia confrontar aquestes idees amb les innovadores de J.B. Dumas (1800-1884), A. Laurent (1805-1853) i C.F. Gerhardt (1816-1856) (Román, 2008) (Viquipèdia, 2014).

El 1854, essent encara d'estudiant, aconseguí publicar dos treballs en alemany a la revista de la Societat Imperial de Mineralogia de Rússia, que duien per títol *Anàlisi químic de les ortites de Finlàndia i Els piroxens de Ruskiala en Finlàndia*. El 1855, l'any de la coronació del tsar Alexandre II<sup>7</sup>, es graduà, essent guardonat amb una medalla d'or per haver obtingut les millors qualificacions del seu curs. Presentà una tesi de fi de carrera titulada *L'isomorfisme en relació amb els altres punts de contacte amb les formes cristal·lines i la composició*<sup>8</sup> (Román, 2008).

1 Mikhail Vasil'jevič Ostrogradskij (1801-1862). Matemàtic ucraïnès. En física matemàtica contribuï a resoldre problemes de la mecànica newtoniana (principi d'Ostrogradskij-Hamilton), estudià les deformacions dels cossos elàstics, el desplaçament d'un mòbil dins un medi resistent, etc. Establí una fórmula general que porta el seu nom i permet passar d'una integral de volum a una integral de superfície (teorema de Gauss) (GEC, 2014).

2 Aleksei Nikolaevich Savich (1811-1883). Astrònom rus. Determinà òrbites de cometes, planetes i satèl·lits, estudis de refracció i anivellament baromètric. Amb P.M. Smyslov i R.E. Lents foren els primers a Rússia en determinar la força de la gravetat usant pèndols reversibles al llarg d'un arc de meridià (1865-1868) (TGSE, 1970-79).

3 Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865). Físic rus d'origen alemany. El seus estudis més destacats són sobre inducció magnètica. A ell se li deu la llei de Lenz i en el seu honor el símbol de la inductància és una L (Viquipèdia, 2014).

4 Adolph Theodor Kupffer (1799-1865). Químic i físic rus d'origen alemany. Fundà el Departament de Peses i Mesures i l'Observatori de Rússia (Wikipedia, 2014).

5 Johann Friedrich von Brandt (1802-1879). Naturalista alemany. Fou director del Departament de Zoologia de l'Acadèmia de les Ciències de Sant Petersburg. S'especialitzà en els coleòpters. El ratpenat de Brandt i l'eriçó de Brandt són anomenats en honor seu (Viquipèdia, 2014).

6 Alexander Abramowitsch Voskressenski (1809-1880). Químic rus, considerat l'avi de la química russa car fou professor d'una important generació de químics russos. Aïllà per primer cop el 1841 l'alcaloide teobromina del cacau (Wikipedia, 2014).

7 Alexandre II de Rússia (1818-1881). Tsar de l'Imperi rus (1855 - 1881). Passà a la història com el més important reformador de la societat russa durant el període tsarista (Viquipèdia, 2014).

8 L'isomorfisme és la propietat que tenen certes substàncies de diferent composició química de cristal·litzar sota la mateixa forma i poder substituir-se en qualsevol proporció en el mateix cristall. Fou un terme introduït el 1819 pel químic alemany Mitscherlich (Viquipèdia, 2014).

## ***Els anys a Crimea***

Després de graduar-se, la malaltia que patia s'agreujà. El seu metge, el professor Zdekauer, li donà dos anys de vida i l'aconsellà que anàs a Crimea, amb un clima més adient, i on trobaria al cirurgià Nicolàs Pirogov que el tractaria. Mendeléiev sol·licità una plaça de professor a Odessa, però fou destinat a Simferopol, on arribà el 25 d'agost de 1855, i hi trobà l'institut tancat a causa de la Guerra de Crimea quan els aliats tenien la propera ciutat portuària de Sebastopol assetjada<sup>9</sup>. Aconseguí ser visitat per Pirogov, que dirigia els serveis mèdics de les tropes russes, el qual li diagnosticà no una tuberculosi, sinó una petita lesió cardíaca sense importància (Román, 2008).

De Simferopol es traslladà a Odessa, dos mesos més tard, on pogué impartir classes de matemàtiques, física i ciències naturals al seu institut, l'antic Institut Richelieu dels Jesuïtes, que tenia una excel·lent biblioteca. Durant sis mesos preparà la seva tesi de professor en ciències, *Sobre els volums específics*, un important treball teòric que tingué importància en la definició de massa atòmica relativa i molècula. S'examinà el 9 de setembre de 1856 i aconseguí un excel·lent informe del tribunal de la Universitat de Sant Petersburg. Després, l'octubre del mateix 1856 presentà una nova tesi, *Sobre l'estructura de les combinacions silícies*, que li permeté ser nomenat encarregat de curs de la càtedra de química de la Universitat de Sant Petersburg. El gener de 1857 impartia classes de química orgànica però, com que els seus ingressos li eren insuficients, acceptà un lloc de professor de química en l'Institut Pedagògic i impartí, també, classes particulars (Babaev, 2009).

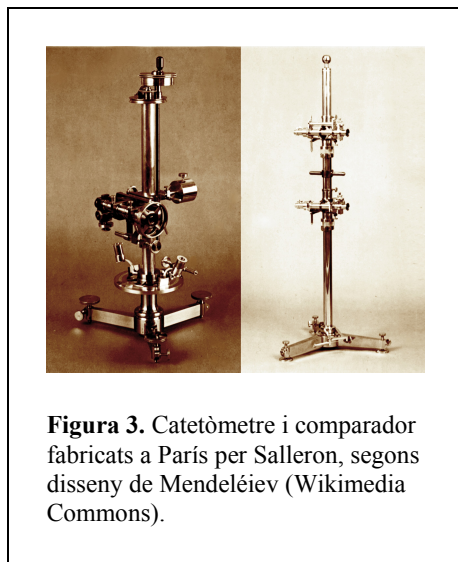
## ***Ampliació d'estudis a l'estranger***

La universitat li concedí a finals del 1858 una beca d'ampliació d'estudis de 22 mesos a l'estranger. Viatjà en la diligència ocupant el seient al costat del conductor, perquè era més econòmic, fins a Varsòvia i Cracòvia. Després agafà el tren per seguir el viatge (Román, 2008). Al principi, Mendeléiev realitzà un llarg viatge d'un parell de mesos per triar el lloc. A París, conegué M. Berthelot, C.A. Wurtz i J.B. Dumas, i més tard a Munic conversà amb J. von Liebig, que recordava Voskressenski. Finalment, Mendeléiev decidí quedar-se a la Universitat de Heidelberg, on treballaven G.R. Kirchhoff i R.W. Bunsen, i hi havia una nombrosa comunitat d'alumnes russos (Babaev, 2009).

Quan arribà a Heidelberg Kirchhoff i Bunsen havien començat l'anàlisi espectral dels elements químics, tema que no era de l'interès de Mendeléiev. Per això, i com el lloc al laboratori que Bunsen li assignà no fou del seu

<sup>9</sup> La Guerra de Crimea (des del 28 de març de 1853 fins a l'1 d'abril de 1856) fou un conflicte bèl·lic que enfrontà l'imperi Rus, per una banda, amb una aliança entre el Regne Unit de Gran Bretanya i Irlanda, el segon Imperi francès, el Regne de Sardenya i una part de l'imperi Otomà, per l'altra. La major part del conflicte armat se situà a la península de Crimea a la Mar Negra (Viquipèdia, 2014).

interès per la brutor, el poc espai i la manca de bons instruments, decidí muntar el seu propi laboratori a la seva residència. Encarregà quasi tots els aparells (Fig. 3) al constructor Salleron de París, i d'altres a Bonn, i començà a estudiar la capil·laritat i la tensió superficial. Entre els aparells destaca l'anomenat picnòmetre de Mendeléiev (Román, 2008).



**Figura 3.** Catetòmetre i comparador fabricats a París per Salleron, segons disseny de Mendeléiev (Wikimedia Commons).

A Heidelberg es relacionà amb la colònia d'estudiants russos o d'investigadors que hi eren de pas. Entre ells destaquen el químic i compositor A. Borodin<sup>10</sup>, el fisiòleg I. Sechenov<sup>11</sup>, el químic A. Butlerov<sup>12</sup> i el matemàtic Vychnegradsky. Allà llegien la poesia de Pushkin i les obres de Herzen i celebraven les victòries de Garibaldi. Mendeléiev també aprofità per viatjà a varies ciutats d'Itàlia, Suïssa i França. A París molt probablement visità els laboratoris de Regnault i Wurtz. I entre el 3 i el 6 de setembre de 1860 assistí, juntament amb Borodin i N.N. Zinin<sup>13</sup> i quatre químics més, al 1r congrés

internacional de químics, a la ciutat alemanya de Karlsruhe, en representació de Rússia. En aquest congrés quedà impressionat per la claredat de l'exposició del químic italià S. Cannizzaro (1826-1910) sobre la definició de molècula del també químic italià A. Avogadro (1776-1856), sobre el concepte de massa atòmica i el mètode de determinació de Cannizzaro (Román, 2008).

### ***Retorn a la Universitat de Sant Petersburg***

El febrer de 1861 retornà a la Universitat de Sant Petersburg. Com que no hi trobà un lloc de treball estable es dedicà a escriure i editar treballs

10 Aleksandr Porfirievitx Borodín (1833-1887). Compositor i químic rus. Destacà entre els compositors del nacionalisme rus, també conegut com el Grup dels Cinc. La seva obra més destacada és l'òpera *El príncep Ígor* (Viquipèdia, 2014).

11 Ivan Mikhaylovich Sechenov (1829-1905). Fisiòleg rus. Demostrà que l'activitat cerebral està vinculada a corrents elèctriques i fou el primer a introduir l'electrofisiologia. Entre els seus descobriments destaca la inhibició cerebral dels reflexos espinals (Wikipedia, 2014).

12 Aleksandr Mikhàilovitx Bútlarov (1828-1886). Químic rus. Creadors de la teoria de la química estructural juntament amb Archibald Scott Couper i Friederich August Kekulé. (Viquipèdia, 2014).

13 Nikolay Nikolaevitx Zinin (1812-1880). Químic orgànic rus. Fou professor d'Alfred Nobel i és conegut per la reducció de Zinin (Viquipèdia, 2014).

científics. En destaca un resum del Congrés de Karlsruhe, la traducció de l'alemany del llibre de Wagner *Tecnologia química*, i la redacció del seu llibre *Química orgànica*, de 481 pàgines en només tres mesos, la primera obra d'aquesta matèria a Rússia (Román, 2008). Aquesta obra fou escrita amb l'objectiu d'aconseguir la medalla Demidov i, especialment, l'important premi en metall·lic que l'acompanyava ja que Mendeléiev tenia pocs ingressos i havia acumulat molts deutes (Babaev, 2009). Efectivament l'obra fou guardonada el 1862 amb la medalla Demidov a proposta del químic Zinin, i traduïda a l'alemany per recomanació de F.K. Beilstein. El 1863 es publicà la 2a edició i darrera (Román, 2008). En aquest mateix any visità els camps de petroli de Bakú<sup>14</sup>, al Caucas<sup>15</sup>, on el milionari Kokorev volia millorar la producció de la seva refineria (Babaev, 2009).



**Figura 4.** Mendeléiev i la seva esposa Feozva Nikitichna Lescheva el 1862. (Wikimedia Commons)

El 22 d'abril de 1862, als 28 anys, es casà amb Feozva Nikitichna Lescheva (1828-1905), sis anys major que ell (Fig. 4). Tingueren tres fills. La primera fou Maria el 1863 que morí abans de complir un any. El segon fou Vladimir, (1865-1898), i la tercera Olga (1868-1950) (Babaev, 2009).

Entre 1864 i finals de 1866 fou professor de química a l'Institut Pedagògic. En aquells anys viatjava a l'estranger tres o quatre mesos a l'any per assistir a reunions científiques i escrivia articles sobre tecnologia química, com ara la relacionada amb la producció d'etanol. El 1865, als 31 anys, presentà la seva tesi doctoral titulada *Consideracions sobre la combinació de l'alcohol i l'aigua*. El mateix any fou nomenat professor de química tècnica de la Universitat de Sant Petersburg i el 1867 ocupà la càtedra de química mineral, que ell reanomenà de química general, succeint a Voskresenski (Román, 2008).

El 1865 comprà, juntament amb antics companys d'estudis, una finca de 60 ha a Boblovo, a 320 km de Sant Petersburg, a prop de Moscou, gràcies a l'alliberació dels serfs el 1861 que provocà la ruïna de molt terratinents i l'abandonament de terres que abaixaren de valor. Mendeléiev dugué a terme

<sup>14</sup> Bakú és la capital i la ciutat més gran de l'Azerbaidjan. Està situada a la costa sud de la península d'Apseron (o Abşeron), a la riba del mar Caspi (Viquipèdia, 2014).

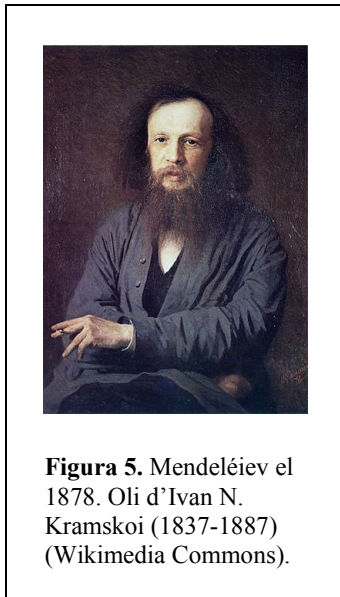
<sup>15</sup> El Caucas és una regió natural a l'est d'Europa i a l'oest d'Àsia, entre el mar Negre i el mar Caspi (Viquipèdia, 2014).

un projecte innovador quant al cultiu, introduint mètodes científics, i quant a les condicions laborals dels seus treballadors, molt més humanitzades que les dels antics terratinents. Aquest projecte assolí en poc temps els seus objectius i fou exemple d'exploració productiva. Així, abans es produïa una mitjana de 10 quintars/ha de cereals i Mendeléiev aconseguí arribar a quasi 23 quintars/ha duplicant, per tant, la producció. El 1867 en aquesta finca una neboda seva el descriu, quan tenia 33 anys, així: «*Un home alt, aclarit, un poc inclinat..., amb una barba rossa i llargs cabells surant per damunt d'un gran front... Vestia amb una llarga brusa gris, sense cinturó, cobert amb un capell de palla blanc, ràpid de moviments..., apassionat per tot, sempre de bon humor*» (Román, 2008).

El 1867 visità novament els camps de petroli de Bakú, enviat pel govern rus com assessor científic. També viatjà a París per organitzar el pavelló de Rússia a l'Exposició Internacional. En aquest viatge visità fàbriques franceses, belgues i alemanyes on observà els processos Leblanc i Solvay per a l'obtenció de carbonat de sodi o sosa. En arribar a Rússia aconsellà la producció de sosa aplicant aquest processos, però no es construí la primera fàbrica que emprava el procés Solvay fins el 1888 i la que emprava el procés Leblanc fins el 1890, degut a les reticències del govern a eliminar els impostos que gravaven la sal. Inicià la redacció de la seva gran obra, *Principis de Química*, que es publicà en fascicles entre 1868 i 1869, la primera part, i entre 1870 i 1871, la segona. En un fascicle del 1869 apareix la seva llei periòdica. El 1868 fou un dels fundadors de la Societat Química de Rússia que facilità la comunicació amb els científics europeus i nord-americans. En aquells anys Mendeléiev intentava passar poc temps amb la seva esposa ja que tenien interessos totalment oposats. Des del 1871 vivien pràcticament separats, un a la finca de Boblovo i l'altre a Sant Petersburg, alternat-se (Román, 2008).

El 1876 viatjà, enviat pel govern, a l'Exposició Industrial de Filadèlfia, als EUA, durant dos mesos i mig, visitant els camps de petroli de Pennsilvània on quedà impressionat pels avanços tecnològics. El mateix any Mendeléiev, que tenia 42 anys, conegué Anna Ivanova Popova (1860-1942), de 16 anys, estudiant de belles arts, amiga de la filla de la seva germana major Olga. El 1877

ja n'estava enamorat. Mendeléiev volia separar-se de la seva dona, però aquesta no li acceptava el divorci. Foren uns temps que Mendeléiev passà de



**Figura 5.** Mendeléiev el 1878. Oli d'Ivan N. Kramskoi (1837-1887) (Wikimedia Commons).

forma turmentada (Fig. 5). Caigué malalt i hagué de passar un hivern a Biàrritz (Román, 2008).

El 1880 visità novament els camps petrolífers del Caucas on s'havien aplicat les mesures per ell proposades (eliminació d'imposts indirectes, ús de cisternes, vaixells cisterna i petits oleoductes), la qual cosa permeté passar de 40 pous explotats el 1876 a 350 el 1880 (Román, 2008). En aquest any fou rebutjat el seu ingrés a l'Acadèmia Russa de Ciències per part d'acadèmics tsaristes, la qual cosa provocà una indignació arreu de les més prestigioses universitats russes (Pisarzhevski, 1955). El mateix any, Anna partí cap a Roma per intentar tallar la relació (Román, 2008).

El 1881 Mendeléiev organitzà un viatge a Alger, per assistir a un congrés científic, però amb l'objectiu de suïcidar-se lluny de Rússia tirant-se per la borda del vaixell. Per sort confià el seu testament al seu amic Beketov i unes cartes que no havia enviat a Anna. En veure'l en aquell estat, Beketov visità Feozva a Boblovo i aconseguí que acceptàs el divorci. Per sort pogué donar la notícia a Mendeléiev abans que embarcàs cap a Alger, el qual decidí dirigir-se a Roma per trobar-se amb Anna. Ella acceptà casar-se i ell l'acompanyà en el viatge de fi de carrera passant per Nàpols, Capri, París, Sevilla, Madrid, Toledo i Biàrritz (Román, 2008).

A principis del 1882, als 48 anys, es divorcià de Feozva i el 22 d'abril es casà amb Anna, de 22. Tingueren quatre fills: un fill anomenat Lyubov (1882-1939), un Ivan (1883-1936) i bessons, un nin i una nina, Vasili (1886-1922) i Maria (1886-1952) (Babaev, 2009).

El 1887 la Societat Tècnica Russa proposà a Mendeléiev l'observació de l'eclipse total de Sol el 19 d'agost a Klin enlairant-se en un globus. Havia de controlar l'aparell, l'aeronauta Kovanko, però es comprovà que el globus no podia enlairar-se amb dues persones i Mendeléiev s'enlairà sol. Quan intentava completar les observacions perdé el control del globus però aconseguí aterrar. El 1888 fou encarregat pel govern d'estudiar la producció de carbó a la conca hullera del Donbass<sup>16</sup>, ja que s'importava carbó d'Anglaterra (Román, 2008).

El 1890 dimití de la seva càtedra a la Universitat de Sant Petersburg en suport a les peticions dels estudiants desateses pel ministre d'Instrucció Pública Deliánov (Pisarzhevski, 1955). Tanmateix quedà poc temps sense feina car el govern li encarregà la preparació de pólvora sense fum pels canons de gran calibre de l'armada. Viatjà a Anglaterra i França per conèixer les tècniques emprades. Amb sis col·laboradors aconseguí fabricar un nou tipus de pólvora, de millor qualitat que les existents, que anomenà pólvora sense fum al pirocoloidó<sup>17</sup> (Román, 2008).

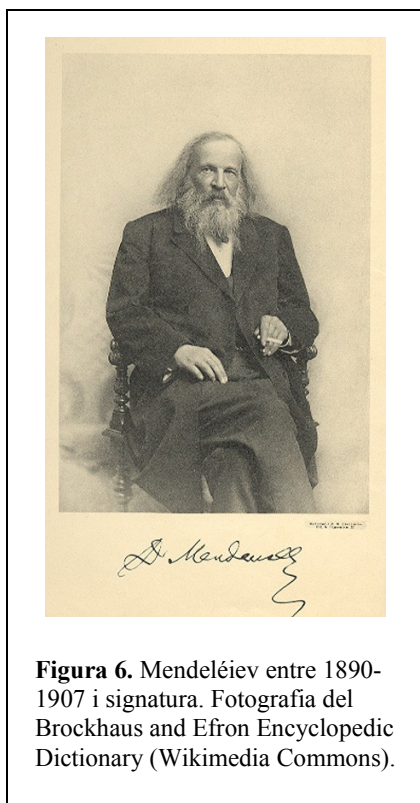
El 1891 publicà *Tarifa raonada o estudi del desenvolupament de la indústria russa amb la tarifa duanera de 1891*, en la qual considerava que el

---

16 La conca del Donbass és una conca hullera, situada entre el mar d'Azov i el riu Don, compartida actualment per Ucraïna i Rússia (Viquipèdia, 2014).

17 El pirocoloidó és una varietat de nitrocel·lulosa, amb una proporció de nitrogen entre el 12,45 i el 12,75 %, completament soluble en una mescla d'etanol i èter.





**Figura 6.** Mendeléiev entre 1890-1907 i signatura. Fotografia del Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary (Wikimedia Commons).

desenvolupament industrial de Rússia havia d'estar lligat al desenvolupament científic, a l'exportació de productes industrials enlloc de matèries primes, i a l'ús de més mà d'obra (Román, 2008).

El 1892 l'anomenaren conservador científic de la Oficina de Peses i Mesures, amb la idea que pogués descansar i compensar-lo per la dimissió de la seva càtedra (Fig. 6). Però Mendeléiev enlloc de relaxar-se reorganitzà el vell organisme i es convertí en el seu director, posant en marxa un intens programa de recerca, i preparant-lo per l'adopció del sistema mètric decimal, si bé no s'introduí fins el 1918 (Román, 2008).

En aquests anys viatjà a Dresde i a Londres el 1894, on rebé els doctorats honoris causa de les universitats de Cambridge i Oxford; París, Londres, Berlín i Viena el 1895; i París i Suïssa el 1897 (Fig. 7) (Román, 2008).

Des del 1904 fou nominat a Premi Nobel de Química, però la seva candidatura fou rebutjada any rere any, el 1906 per un sol vot, per pressions d'Svante A. Arrhenius (1859-1927), que era contrari a la teoria de les dissolucions de Mendeléiev. El 2 de febrer de 1907 morí de grip a Sant Petersburg, sis dies abans de complir els 73 anys (Román, 2008).

## RECERCA

Els camps de recerca de Mendeléiev al llarg de la seva vida foren molt amplis. En el camp de la ciència realitzà treballs sobre: llei periòdica, química inorgànica, fisicoquímica de les dissolucions, teoria dels gasos, física dels líquids (hidrodinàmica i aerodinàmica), tecnologia, agroquímica i agricultura, olis, química orgànica, mineralogia, isomorfisme i pólvora. En altres camps realitzà estudis sobre pedagogia, metrologia, economia i filosofia (Babaev, 2009).

## ***Físicoquímica de les dissolucions i dels gasos***

En les investigacions que realitzà al seu laboratori a Heidelberg descobrí la temperatura absoluta d'ebullició, que més tard rebria el nom de temperatura crítica, i que no depenia de la pressió. Amb això explicà el problema que hi havia amb certs gasos (hidrogen, nitrogen, oxigen, metà, monòxid de carboni, etc.) que no podien liquar-se malgrat se'ls sotmetés a molt elevades pressions. Mendeléiev indicà que aquests experiments es realitzaven per sobre de les temperatures absolutes d'ebullició i per liquar el gas calia, a més d'augmentar la pressió disminuir, també, la temperatura. Publicà, el 1861, un article al respecte en alemany (Mendeléiev, 1861) i en francès titulat *Sobre la cohesió d'alguns líquids i sobre el paper de la cohesió molecular en les reaccions químiques dels cossos* (Román, 2008). La temperatura absoluta d'ebullició s'anomena actualment temperatura crítica, que fou el nom que li posà Thomas Andrews (1813-1885) i que el mateix Mendeléiev observà que ell ja ho havia descobert (Mendeléiev, 1870).

A la seva tesi doctoral, titulada *Consideracions sobre la combinació de l'alcohol i l'aigua*, defensà que a les dissolucions d'etanol i aigua és formen nous composts químics, com ara, els composts etanol:aigua en les proporcions 1:3, 3:1, i fins i tot 1:12. Això indica que, en aquest cas, no es tracta d'un procés físic, sinó d'una vertadera reacció química (Babaev, 2009).

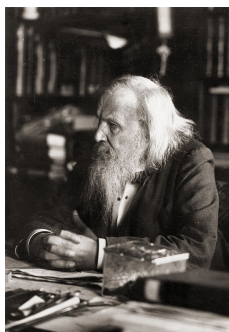
El 1872 en els seus estudis teòrics estudià la desviació de la llei de Boyle-Mariotte per a gasos reals a baixes pressions. El 1874 generalitzà l'equació de Clapeyron dels gasos ideals obtinguda el 1834 pel físic francès B. P. E. Clapeyron (1799-1864). Clapeyron relacionà la pressió  $p$ , el volum  $V$  i la temperatura  $t$ , en graus centígrads, d'un gas a partir de les lleis de Boyle-Mariotte i de Charles i Gay-Lussac en l'equació:

$$p \cdot V = R_C \cdot (267 + t)$$

on apareix la constant de proporcionalitat  $R_C$  que depèn de la massa del gas i del tipus de gas.

El 1850 el físic alemany Rudolf Clausius (1822-1888), emprant les dades experimentals del físic francès Henri Victor Regnault (1810-1878) reavaluà la constant de valor 267 i donà el valor 273. El 1864 substituï el parèntesi per la temperatura absoluta  $T$  (Jensen, 2003):

$$p \cdot V = R_C \cdot (273 + t) \rightarrow p \cdot V = R_C \cdot T$$



**Figura 7.** Mendeléiev el 1897 al seu despatx. (Wikimedia Commons).

El 1873 el químic alemany August F. Horstmann (1842-1929) escriví per primer cop l'equació d'estat dels gasos per a un mol de substància ( $u = V/n$ ) sense adonar-se'n que la nova constant era ara independent del tipus de gas (Jensen, 2003):

$$u \cdot p = R \cdot T$$

Mendeléiev el 1874 (Mendeléiev, 1874) aconseguí una equació més general independent del tipus de gas, vàlida per a qualsevol massa de gas, que amb notació moderna és:

$$M \cdot p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

on  $m$  és la massa del gas,  $M$  la massa molar. Aquesta equació és coneguda com equació de Clapeyron-Mendeléiev en els països de l'est d'Europa. Amb la definició de mol  $n=m/M$ , adoptà la forma actual:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

El valor de  $R$  el determinà amb varis gasos i observà que les diferències eren inferiors al 0,5 %. El 1876 publicà aquesta equació en una memòria de l'*Académie des Sciences* de París i el 1877 a la revista britànica *Nature* (Mendeléiev, 1877), on indicà ja que  $R$  era una constant universal, ara coneguda com a constant universal dels gasos, i li donà a partir de les seves experiències el valor  $R = 8,29482 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ , només un 0,24 % inferior al valor acceptat en l'actualitat  $R = 8,31441 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  (Mychko, s.d.).

El 1884 reinicià els estudis de les dissolucions. El seu objectiu era descobrir el fenomen pel qual es produeix de l'atracció entre molècules d'un mateix compost i entre molècules de diferents composts, les forces intermoleculares.

El 1887 publicà *Estudi de les dissolucions aquoses segons el pes específic*, on proposà la teoria hidratada de les dissolucions. Establí que les dissolucions no són simples mescles sinó que contenen associacions de molècules hidratades en un estat d'equilibri dinàmic, que es dissocien de diferents maneres en funció del percentatge de concentració. Demostrà la formació de composts com  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 150\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , etc. La seva teoria trobà alguns seguidors, però el químic suec Svante A. Arrhenius i la seva escola, els desenvolupadors de la teoria física de les solucions, la criticaren. Dècades més tard ambdues teories es consideraren com a complementàries (Román, 2008).

### ***La llei periòdica***

El 1867 inicià la seva obra *Principis de Química*, on descriu els elements H, O, N, C, halògens, alcalins i alcalinoterris, i les seves

combinacions. Però a l'hora de seguir amb la resta d'elements químics no sabia com ordenar-los. Per evitar qualsevol ordre arbitrari, observà els patrons en les propietats de les famílies d'elements lleugers, organitzant-los per ordre de masses atòmiques i descobrí una espècie de períodes, que anomenà llei periòdica. Cada un cert nombre d'elements, variable, es repetien les propietats dels elements que anaven a continuació, amb variacions semblants per a tots els elements (Babaev, 2009). Els 8 punts que apareixen al seu primer treball del 1869 (Fig. 8) (Mendeléiev, 1869) són:

1. Ordenà els elements per masses atòmiques creixents, iniciant noves columnes per fer coincidir elements amb propietats físiques i químiques semblants a les línies (halògens, alcalins,...). Les columnes, per tant, no tenien el mateix nombre d'elements.

<b>ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.</b>										
<b>ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.</b>										
				Ti = 50	Zr = 90	? = 180.				
				V = 51	Nb = 94	Ta = 182.				
				Cr = 52	Mo = 96	W = 186.				
				Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.				
				Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.				
				Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199.				
				Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.				
H = 1										
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112						
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	U = 116	Au = 197?					
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118						
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?					
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?						
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127						
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.					
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.					
		? = 45	Ce = 92							
		?Er = 56	La = 94							
		?Yt = 60	Di = 95							
		?In = 75,6	Th = 118?							

**Д. Менделѣевъ**

Figura 8. Primera taula periòdica publicada en rus per Mendeléiev, el 1869 (Wikimedia Commons)

2. Observà que els elements de propietats semblants tenien masses atòmiques semblants. Així descobrí tres grups de tres elements cadascun amb propietats semblants i masses atòmiques iguals o molt semblants: Fe (56)<sup>18</sup>, Co i Ni (59); Rh i Ru (104,4) i Pt<sup>19</sup> (106,6); Pt (197,4), Ir (198) i Os (199). També observà que hi havia d'altres

<sup>18</sup> Les masses atòmiques que figuren aquí són els valors que es coneixien en el moment de redactar els Principis de Química, el 1869.

<sup>19</sup> El símbol del pal·ladi el 1869 era Pl, actualment és Pd.

grups d'elements de propietats semblants que les seves masses atòmiques augmentaven amb en regularitat. Per exemple, en els següents tres grups d'elements s'observa que la massa atòmica dels elements més pesats són unes 46 unitats majors que els immediatament inferiors:

K (39)	Rb (85,4 = 39 + 46,4)	Cs (133 = 85,4 + 47,6)
S (32)	Se (79,4 = 32 + 47,4)	Te (128 = 79,4 + 48,6)
P (31)	As (75 = 31 + 44)	Sb (122 = 75 + 47)

3. Observà que els elements queden ordenats segons la seva valència superior i elements d'una mateixa fila tenen la mateixa valència. Per exemple, els elements consecutius en massa atòmica següents també tenen les valències més altes que creixen amb una unitat: Li (I), Be (II), Al (III), Si (IV), P (V), S (VI), Cl (VII); o les més baixes que augmenten fins el Si per després disminuir d'unitat en unitat: Na (I), Mg (II), Al (III), Si (IV), P (III), S (II), Cl (I).
4. Se n'adonà que els elements més abundants a la naturalesa resulta que són els que tenen masses atòmiques més baixes (Mendeléiev, 1869). Així en el cos humà els sis elements més abundants són: O (61 %), C (23 %), H (10 %), N (2,6 %), Ca (1,4 %) i P (1,1 %); als oceans: O (86 %), H (11 %), Cl (1,9 %), Na (1,1 %), Mg (0,13 %) i S (0,09 %); a l'escorça terrestre: O (46 %), Si (27 %), Al (8,0 %), Fe (6,0 %), Ca (5,0 %) i Na (2,5 %) (Viquipèdia, 2014).
5. Indicà que les propietats dels elements vénen determinades per la magnitud de la massa atòmica. Encara que el comportament químic dels elements semblants és similar, no és idèntica: hi ha diferències a causa de la diferència en la massa atòmica. Per exemple, clor i iode formen compostos amb un àtom d'hidrogen: HCl i HI. Aquests són similars, per exemple tots dos són gasos corrosius i es dissolen fàcilment en aigua. Però es diferencien en que el HI té, per exemple, un punts d'ebullició i de fusió més alts que HCl (típic dels compostos semblants amb més massa atòmica).
6. Observà que per a que tots els elements quedassin ordenats calia deixar alguns buits, que suposà eren llocs corresponents a elements químics encara no descoberts i als quals els assignà una massa atòmica i en predigué les seves masses atòmiques. Els elements predits eren: eka-alumini (68), eka-silici (70), eka-bor (45) i 180.
7. Descobrí que hi havia masses atòmiques errades degut a valències errades. Per exemple la massa atòmica del Be no podia ser 13,7, com es pensava, perquè hauria de ser un element semblant al N i al P. Com que s'assembla més al Mg la seva massa atòmica ha de ser 9,4 degut a que el seu òxid serà BeO i no Be<sub>2</sub>O<sub>3</sub> com se suposava. Un altre exemple és la massa atòmica del Te ha de valer entre 123-126, i no 128, perquè les propietats indiquen que la seva massa atòmica ha de

ser menor que la massa atòmica del I<sup>20</sup>. En aquest cas no és un error perquè, com es demostrà posteriorment, l'ordenació no ha de ser en ordre creixent de masses atòmiques sinó de nombre atòmic, descobert el 1913 per Henry G. J. Moseley (1887-1915).

- Amb l'ordenació dels elements químics indicà que es poden deduir semblances entre elements que no s'havien descobert experimentalment. Com exemple posà el cas de l'Ur<sup>21</sup> que havia de tenir semblances amb el B i l'Al. Tanmateix l'U estava mal situat degut a que la seva massa atòmica estava mal calculada (Giunta, s.d.).

Reihen	Gruppe I. — R <sup>0</sup>	Gruppe II. — R <sup>0</sup>	Gruppe III. — R <sup>0</sup> <sup>3</sup>	Gruppe IV. RH <sup>4</sup> R <sup>0</sup> <sup>4</sup>	Gruppe V. RH <sup>5</sup> R <sup>0</sup> <sup>5</sup>	Gruppe VI. RH <sup>6</sup> R <sup>0</sup> <sup>6</sup>	Gruppe VII. RH <sup>7</sup> R <sup>0</sup> <sup>7</sup>	Gruppe VIII. — R <sup>0</sup> <sup>4</sup>
1	II=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	So=78	Br=80	
6	Rb=86	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Su=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

**Figura 9.** Versió del 1871 de la taula periòdica on els grups o famílies estan disposats en columnes com a les taules periòdiques actuals. (Wikimedia Commons)

### *La taula periòdica del 1871*

El 1871 publicà un article en rus amb una nova taula, article que traduí a l'alemany i publicà l'any següent (Fig. 9). En aquesta nova taula posà els períodes en files i els grups en columnes que anomenà amb nombres romans de l'I al VIII. Els grups vénen encapçalats per la fórmula de l'òxid de major valència; i també pels hidrurs a partir del grup IV. Divideix cada període (fila) en dos i queden dintre del mateix grup elements que actualment estan separats però que fins fa pocs anys encara figuraven a la taula periòdica amb el mateix

<sup>20</sup> A la taula de Mendeléiev figura com a símbol del iode J. Això és degut a que a les publicacions en alemany s'emprava el símbol J enlloc de I, perquè en alemany iode és *jod*. (Babaev, 2009).

<sup>21</sup> Ur és el símbol de l'urani, actualment U.

nom de grup. Per exemple, al grup I hi havia dos subgrups: Li, K, Rb i Cs per una part i H, Na, Cu, Ag i Au per una altra. Passava igual amb tots els grups excepte el VIII (Mendeléiev, 1872).

Corregí moltes masses atòmiques que estaven mal calculades perquè els elements tenien assignades valències incorrectes. Així l'In se suposava divalent, això és amb valència II, i amb massa atòmica 75,5. Però no hi havia lloc per posar-lo entre l'As i el Se; i és un metall. Mendeléiev pensà que seria trivalent, amb la qual cosa la massa atòmica seria 113 (valor actual 115), i quedaria en la columna de l'Al i de l'eka-alumini. Un altre cas era el de l'U que se sembla al Cr, Mo i W, per això no podia ser divalent sinó que havia de ser tetravalent i li corresponia una massa atòmica de 240 (el valor actual és 238). Altres masses atòmiques que corregí seguint aquests raonaments foren (Giunta, s.d.):

Er 56	→	178 (incorrecte)
La 94	→	180 (incorrecte)
Th 118	→	231 (actual 232)
Ce 92	→	140 (actual)
Y 60	→	88 (actual 88,9)

També suposà que hi havia masses atòmiques que s'havien determinat erròniament per manca de precisió experimental, com ara, Os (199), Ir (198) Pt (197,4) i Au (197). Els ordenà de forma inversa segons les propietats de cadascun. Noves dades confirmen la seva teoria: Os (190), Ir (192), Pt (195) i Au (197) (Giunta, s.d.).

Dubtà de les posicions del Cu, Ag i Au, que els situà als grups I i VIII al mateix temps. El grup VIII estava format per subgrups de tres elements: Fe, Co i Ni; Ru, Rh i Pd; i Os, Ir i Pt (Mendeléiev, 1872).

Identificà el lantani, La, amb l'element desconegut de massa atòmica 180 (actualment el Hf), per la qual cosa el situà erròniament. Al seu lloc hi posà l'element Di (didimi) que posteriorment es descobrí que era una mescla de Pr, Nd i Sm. Tanmateix sí deixà lloc per a situar els lantànids o terres rares, que encara no s'havien descobert (Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu), però mal ubicats. També deixà cinc llocs pels elements transurànids no descoberts (Np, Pu, Am, Cm i Bk), amb massa atòmica superior a la de l'U, i per altres elements que es descobriren amb posterioritat: Tc, Re, Po, At, Fr, Ra, Ac i Pa, a més dels ja indicats a la taula periòdica del 1869: Sc, Ga i Ge. En total 31 llocs buits per a elements encara no descoberts el 1871 (Giunta, s.d.).

Quant als elements Sc, Ga i Ge, realitzà un estudi de les propietats dels elements que tenien al seu voltant i pogué deduir-ne les seves propietats, que resultaren ser molt bones com es veurà més endavant.

**Descobriment dels elements predits**

El 30 d'agost del 1875, el químic francès Paul Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912) comunicà a l'*Académie des Sciences* que «*Després-ahir, divendres 27 d'agost de 1875, entre les 3 i les 4 de la matinada, he descobert els indicis d'un probable nou element, en els productes de l'anàlisi químic d'una blenda procedent de la mina de Pierrefitte, vall d'Argelès (Pirineus)*» (Lecoq de Boisbaudran, 1875). Anomenà al nou element gal·li. Una vegada estudiat s'observà que les seves propietats coincidien amb les predites per Mendelèiev per a l'element eka-alumini, excepte en la densitat. La predicció era que la densitat havia de ser 5,9 g/cm<sup>3</sup> i els resultats experimentals donaven un valor inferior, 4,3 g/cm<sup>3</sup>. Ràpidament Mendelèiev envià una carta a la mateixa revista reafirmant que el valor correcte de la densitat havia d'estar entre 5,9 i 6,0 g/cm<sup>3</sup>; i suggerí que es repetís la determinació. De mala gana Lecoq de Boisbaudran la repetí amb una mostra més pura i obtingué un valor de 5,9 g/cm<sup>3</sup> (Román, 2008).

Propietat	Mendelèiev eka-silici (1871)	Winkler i altres germani (1886-)
Massa atòmica	72	72,6
Densitat (g/cm <sup>3</sup> )	5,5	5,47
Volum atòmic	13	13,4
Color	Gris fosc	Gris clar
València	IV	IV
Punt de fusió	Fusible i es volatilitza a altes temperatures	Fon a 960 °C i es volatilitza a més temperatura
Reacció amb l'aigua	Descompon l'aigua amb dificultat	No descompon l'aigua
Reacció amb àcids	Poc atacat pels àcids	Només atacat per l'aigua règia
Reacció amb àlcalis	No l'ataquen	Només si estan fusos
Propietats òxid	EsO <sub>2</sub> , blanc, refractari, es redueix fàcilment amb C, densitat 4,7 g/cm <sup>3</sup>	GeO <sub>2</sub> , blanc, refractari, es redueix fàcilment amb C, densitat 4,7 g/cm <sup>3</sup>
Propietats hidròxid	Dèbilment bàsic	Dèbilment bàsic
Propietats clorur	EsCl <sub>4</sub> , líquid, bull a ~90 °C, densitat 1,9 g/cm <sup>3</sup>	GeCl <sub>4</sub> , líquid, bull a 86 °C, densitat 1,89 g/cm <sup>3</sup>
Propietats hidrur	EsH <sub>4</sub> gas inestable, però més que el SnH <sub>4</sub>	GeH <sub>4</sub> gas inestable, però més que el SnH <sub>4</sub>
Propietats fluorur	EsF <sub>4</sub> , gas	GeF <sub>4</sub> , gas
Propietats organometàl·lic	Es(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> , bull a 160 °C i densitat 0,96 g/cm <sup>3</sup>	Ge(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> , fon a 90 °C, bull a 163,5 °C i densitat 0,99 g/cm <sup>3</sup>

**Figura 10.** Predicció de Mendelèiev de les propietats de l'Escandi.



Quatre anys després, el químic suec Lars Fredrick Nilson (1840-1899) descobrí un altre nou element, al qual anomenà escandi. Les seves propietats coincidien amb les descrites per Mendeléiev per a l'eka-bor (Nilson, 1879). I el 1886, el químic alemany Clemens Alexander Winkler (1838-1904), mentre realitzava uns anàlisis rutinaris del mineral argirodita, descobert feia poc a Saxònia, en una mina d'argent de Himmelfurst, arribà a la conclusió que s'havia topat amb un nou element químic que era l'eka-silici descrit per Mendeléiev i al qual anomenà germani (Winkler, 1886). A la taula de la Fig. 10 es pot observar l'encert de Mendeléiev en la seva predicció de les propietats de l'escandi.

Mendeléiev seguí publicant articles sobre la seva taula periòdica amb diferents versions, se n'han comptabilitzat fins a 30. Una d'elles, de forma allargada, i publicada el 1879 ja amb el Ga, és la que evolucionà fins a la taula periòdica actual (Fig. 11).

											even elements						
											I	II	III	IV	V	VI	VII
											H						
											Li	Be	B	C	N	O	F
											Na						
even elements											odd elements						
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
K	Ca	—	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	—	—			
Rb	Sr	Yt	Zr	Nb	Mo	—	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb			
Cs	Ba	La	Ce	—	—	—	—	—	—	Au	Hg	Tl	Pb	Bi			
—	—	Er	Di?	Ta	W	—	Os	Ir	Pt	—	—	—	—	—			
—	—	—	Th	—	U	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

**Figura 11.** Versió de la taula periòdica del 1879, molt semblant a les actuals. (Wikimedia Commons)

### *Els gasos nobles i els lantànids*

El 1894 el físic britànic Lord Rayleigh (1842-1919) i el químic William Ramsay (1852-1916) descobriren l'existència del primer gas noble, l'argó a l'aire. Al següent any, Ramsay aconseguí alliberar heli d'alguns minerals d'urani (clevelita i uraninita). Com que Ramsay era admirador de l'obra de Mendeléiev pensà que podrien existir altres elements semblants i que formarien un nou grup a la taula periòdica. Les posicions de l'He i de l'Ar indicaven que havien d'existir tres gasos nobles més. El 1898, amb la

col·laboració del químic britànic Morris William Travers (1872-1961), aïllaren el neó, el criptó i el xenó (Román, 2008).

El descobriment dels elements anomenats lantànids s'inicià el 1803 amb el descobriment del ceri, i anà augmentant a finals del segle XIX. Era un conjunt d'elements difícils d'encaixar en la taula periòdica perquè tots tenien propietats molt semblants a l'itri i al lantani. Fou un químic txec, Bohuslav Brauner (1855-1935), admirador i amic de Mendeléiev, qui trobà una ubicació per a tots ells en la sèrie octava i en una caixa al peu (Román, 2008). Aquesta idea, anomenada hipòtesi dels asteroides ja que com els asteroides ocupen el lloc d'un planeta al sistema solar, també hi podia haver elements químics molt semblants que ocupassin tots un mateix lloc a la taula periòdica, fou proposada a Sant Petersburg per Brauner el 1902 en l'11è Congrés Rus de Ciències Naturals (Thyssen i Binnemans, 2011) (Fig. 12).

**A. Periodisches System der Elemente (volle Gestalt).**

Reihe	Gruppe 0	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	Gruppe V	Gruppe VI	Gruppe VII	Gruppe VIII				
	R	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>4</sub>				
1		1 H											
2	He 4	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19					
3	Ne 20	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5					
4	Ar 40	K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56	Co 59	Ni 59	Cu 63	
5		68 Cu	68 Zn	70 Ga	72 Ge	75 As	79 Se	80 Br					
6	Kr 82	Rb 85	Sr 87	Y 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	-100	Ru 102	Rh 106	Pd 106	Ag 108	
7		108 Ag	112 Cd	114 In	119 Sn	120 Sb	128 Te	127 J					
8	Xe 128	Ce 138	Ba 137	La 139	Ce 140	Pr 141	Nd 144	-145					
					-147 Sm 148	Eu 151	-152						
					-155 Gd 156	-159	-160						
					Tb 168	Ho 168	Er 166	-167					
					Tm 171	Yb 178	-178						
					-178	Ta 182	W 184	-190	Os 191	Ir 198	Pt 195	Au 197	
9		197 Au	200 Hg	204 Tl	207 Pb	209 Bi	212-	214-					
10	-216	-220	Rd 225?	-230	Th 238	-235	U 238						

**Figura 12.** Taula periòdica de Brauner del 1902 amb el grup de lantànids al mig, separats de la resta d'elements, i el grup 0 dels gasos nobles a l'esquerra (Wikimedia Commons).

## CONCLUSIONS

És de sobra conegut que abans de Mendeléiev hi hagué altres científics que realitzaren intents de classificació dels elements coneguts, que en aquest article no s'han esmentat: Dobereiner (1829), Kremer (1852), Gladston (1853), Cooke (1854), Lenssen (1857), Pettenkofer (1858), Dumas (1858), Strecker (1859), Hinrichs (1867), Odling (1857, 1864), De Chancourtois (1862), Newlands (1865) i, per descomptat, Meyer (1864, 1871) el qual arribà a una ordenació semblant a la de Mendeléiev els mateixos anys que aquest. No obstant això, Mendeléiev fou l'únic que se n'adonà que existia una llei natural,

la llei periòdica, que regia les característiques dels elements químics. Mendeléiev descobrí aquesta llei, l'ordenació en una taula dels elements en base a ella esdevé un tema secundari. I la llei periòdica li permeté predir l'existència de nous elements i les seves característiques, previsió que mai podrien haver fet la resta de científics (Babaev, 2009).

Per una altra part, la llei periòdica ha eclipsat altres grans descobriments que realitzà, els quals no apareixen en els llibres de text ni en les històries de la química: descobrí abans que Andrews la temperatura crítica, que ell anomenà temperatura absoluta d'ebullició; formulà per primera vegada l'equació d'estat dels gasos ideals vàlida per a qualsevol gas en qualsevulla condicions, una equació coneguda per tots els estudiants de química i que, en el món occidental, mai se la relaciona amb Mendeléiev malgrat s'explica que s'obté d'altres lleis que sí tenen autors; a la mateixa equació hi posà una constant, la constant dels gasos  $R$ , que ha esdevingut una constant molt important, i fou el primer que en calculà el seu valor que ha variat poc malgrat actualment s'emprin mètodes molt més sofisticats que els emprats per Mendeléiev per a la seva determinació.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Babaev, E.V. (2009). *Dmitriy Mendeleev: A Short CV, and A Story of Life*. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://www.mendcomm.org/Mendeleev.a.spx>
- Giunta, C. (s.d.). *Elements and Atoms. Chapter 12: Mendeleev's First Periodic Table*. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://web.lemoyne.edu/GIUNTA/EA/MENDELEEVann.HTML#foot17>
- Gran Enciclopèdia Catalana. *Mikhail Vasil'jevič Ostrogradskij*. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://www.enciclopedia.cat/>
- Jensen, W. (2003). *The Universal Gas Constant*. J. Chem. Educ. 80.
- Lecoq de Boisbaudran, P.E. (1875). *Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau métal, le gallium, découvert dans une blende de la mine de Pierrefitte, vallée d'Argelès (Pyrénées)*. Comptes rendus de l'Académie des sciences, 81.
- Mendeléiev, D.I. (1861). *Ueber die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen über ihren Siedepunkt*. Ann. Chem. Pharm., 119.
- Mendeléiev, D.I. (1869). *Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente*. Zeitschrift für Chemie, 12.
- Mendeléiev, D.I. (1870). *Bemerkungen zu den Untersuchungen von Andrews über die Compressibilität der Kohlensäure*. Ann. Physik u. Chem., 217.

- Mendeléiev, D.I. (1872). *Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente*. Annalen der Chemie und Pharmacie Supplement, 8.
- Mendeleiev, D.I. (1874). *О сжимаемости газов (Sobre la compressibilitat dels gasos)*. Russian Journal of Chemical Society and the Physical Society, 6.
- Mendeleiev, D.I. (1877). *Researches on Mariotte's Law*. Nature, 15.
- Mychko, D.I. (s.d.). Универсальная газовая постоянная Д. И. Менделеева.
- Nilson, L.F. (1879). *Sur le scandium, élément nouveau*. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 88.
- Pisarzhevski, O.N. (1955). *Dmitri Ivánovich Mendeléiev*. University Press of the Pacific.
- Román, P. (2008). *El profeta del orden químico. Mendeleev*.
- The Great Soviet Encyclopedia (1970-79). *Aleksei Savich*. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Aleksei+Savich>
- Thyssen, P. i Binnemans, K. (2011). *Accommodation of the Rare Earths in the Periodic Table: A Historical Analysis*. ELSEVIER.
- Viquipèdia. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://ca.wikipedia.org>
- Wikipedia. [Consulta: 2014]. Recuperat a <http://en.wikipedia.org>
- Winkler, C.A. (1886). *Germanium, Ge, a New Nonmetallic Element*. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 19.

# Santiago Ramón y Cajal, impulsor de la neurociència moderna

Gabriel Timoner

---

Timoner, G. (2016). Santiago Ramón y Cajal, impulsor de la neurociència moderna. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 233-254. SHNB – UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** El descobriment de la independència de les cèl·lules nervioses i tota la fonamentació de la teoria de la neurona, van fer de Ramón y Cajal l'impulsor de la neurociència a Espanya i al món.

De fet, la concessió del premi Nobel a Cajal, representa un fet de transcendència mundial, a nivell científic i popular; encara que el fet primordial per a les persones que ens hem dedicat a estudiar la figura científica de Cajal, és que els seus estudis van contribuir decisivament a crear l'atmosfera científica necessària pel naixement de la neurobiologia moderna, disciplina que dia a dia va adquirint protagonisme no només per les òbvies implicacions mèdiques i socials, sinó perquè també, com deia Cajal, conèixer el cervell és esbrinar la base material del pensament i de la voluntat, sorprendre a la història íntima de la vida amb el seu perpetu duel amb les energies exteriors.

A les properes dècades, la investigació del sistema nerviós, i en particular l'estudi de l'escorça cerebral és un dels grans reptes de la neurobiologia i per a la ciència espanyola és un orgull que fos Cajal qui va iniciar el coneixement de l'òrgan més misteriós i apassionant de l'ésser humà.

## CAJAL, INFANT

**S**antiago Ramón y Cajal va néixer el dia 1 de maig de 1852 a Petilla de Aragón, un petit poble enclavat a la província de Saragossa, encara que administrativament pertany a Navarra. A l'any 1209, Petilla de Aragón va ser entregat com a garantia de certs préstecs que el rei Sanç VII el Fort, de Navarra, li va fer a Pere II el Catòlic, rei d'Aragó. Quan el deute no va poder ser pagat, l'any 1231, Jaume I el Conqueridor, fill de Pere II, el va cedir definitivament a la corona de Navarra.

La vida en aquella Espanya profunda de mitjans del s. XIX era molt diferent a la d'avui. A manera d'exemple, a l'època en què va viure Cajal, d'acord amb el *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar* de Pascual Madoz de 1849 (Calvo Roy, 1999), Petilla de Aragón tenia 98 cases i presó; 90 veïnats i 428 ànimes (nins i dones); era una zona de pins, faigs, roures i boixos, pobre en agricultura. El sou d'un mestre era de 1120 reals i el de la mestra, 295 reals; el d'un cirurgià de segona 3702 reals de billó (el preu d'un litre de vi o d'oli era de 2 a 3 reals).

Unes vegades cercant millorar la seva posició econòmica i altres per allotjar-se a casa dels seus avis, la família Ramón y Cajal anava canviant de poble de residència; així després de viure a Petilla, la seva infància també es va desenvolupar a altres llocs, com ara, Larrés, Luna, Valpalmas o Ayerbe.

Segons les paraules del seu germà Pedro, Santiago Ramón y Cajal era un nin d'intel·ligència precoç, voluntariós i original i d'una caparrudesa indomable, desaplicat i díscol. De la seva infància, destaquen tres fets que marcaren la seva vida (Calvo Roy, 1999):

- La caiguda d'un llamp a l'escola mentre resaven el Parenostre, que va deixar sense sentit al mestre alhora que fulminà al capellà, que intentava fer fugir la barrumbada tocant les campanes, la qual cosa espantà els nins que sortiren de l'escola polsosos i carregats d'olor a sofre (fet que tal vegada provoqués que Ramón y Cajal fos laic).
- L'eclipsi de Sol del dia 18 de juliol de 1860, va significar per Cajal, en contraposició al caos de la barrumbada, l'ordre i la precisió mil·limètrica d'un fenomen natural descrit pels astrònoms. Per a Cajal, la ciència va ser un instrument de domini de previsió universal de la natura.
- La celebració organitzada per l'Ajuntament de Valpalmas de les victòries de l'exèrcit al Marroc. El 22 de març de 1860, les tropes dirigides per Prim vanceren les de Muley el Abbas i el 25 de març el General O'donnell va firmar la pau. Les celebracions viscudes per un nin de vuit anys despertaren el seu patriotisme, que es va convertir en un dels motors de la seva vida.

Una de les aficions del nin Santiago va ser el dibuix. El seu pare considerava que l'afició al dibuix era una pèrdua de temps i una despesa inútil. Santiago dibuixava a qualsevol full de paper que queia en les seves mans o sobre qualsevol tros de paret que trobava. Fins i tot, ell mateix es fabricava les pintures a partir de pols de rajola o posant els embolcalls de paper de fumar en remull o rascava la pintura de les parets. En algun moment, emperò, els seus dibuixos van ser descoberts pel seu pare que per sortir de dubtes va decidir consultar a un professional; l'expert elegit va ser el picapedrer que referia les parets de l'església. El judici va ser clar, «*Ni la figura manté les proporcions, ni el nin serà mai un artista!*» (Ramón y Cajal, 1952). Més endavant, aquesta afició juntament amb les seves habilitats manuals foren fonamentals en les seves investigacions. Què hauria passat si Cajal no hagués sabut dibuixar amb la seva pròpia mà, mirant i manejant el microscopi amb l'esquerra i dibuixant amb la dreta amb una precisió absoluta el que els seus ulls veien? (Ramón y Cajal, 1984).

## CAJAL I EL BATXILLERAT

El mes de setembre de 1861, el pare de Santiago, Justo Ramón, que ja havia decidit que el seu fill seria metge, va enviar-lo a una escola de Pares Escolapis de Jaca amb fama de domadors de nins complicats. I pareix ésser que l'escola tenia la fama ben guanyada. El professor de Llatí, un individu que avui acumularia denúncies per maltractaments infantils, li va donar pallisses, el va tancar a quartos obscurs i el va castigar a nombrosos dejunis. A Jaca, Cajal vivia a casa d'un germà de la seva mare; menjar escàs i repetitiu, disciplina fèrria i assignatures basades en la memòria i amb la pedagogia «*la letra con sangre entra*», convertiren la vida a Jaca en un suplici per a un nin de 9 anys, acostumat a viure a municipis petits i a anar pel carrer a fer entremaliadures amb els seus amics. Durant el primer estiu, després de la tortura escolàpia, se li va ocorrer construir un canó que, amb l'ajuda dels seus amics, varen disparar contra la paret d'un hort al que obriren un forat considerable, pel qual va treure el cap el pagès damnificat, fet que va provocar que el Batlle d'Ayerbe, amb el permís del seu pare, l'empresonés.

Després de no poques aventures, considerant que l'ambient de l'escola dels Pares Escolapis no havia aconseguit el seu objectiu i que la salut de Cajal se n'havia ressentit, el pare de Cajal va decidir enviar-lo a l'Institut de Jaca on va acabar els seus estudis de Batxillerat. La fama de Santiago s'havia estès ja per a tota Osca, fins a tal punt, que la gent no volia saber-ne res d'ell, i espantaven a les filles amb les bravejades de l'adolescent Santiago; precisament una d'aquelles filles era Silveria Fañanás, que anys després acabaria casant-se amb Santiago (Calvo Roy, 1999).

## CAJAL I LA MEDICINA

A l'any 1869, Ramón y Cajal comença els estudis de medicina a l'escola de medicina de Saragossa. Un any després, el seu pare, Justo Ramón, va guanyar una oposició de metge a la beneficència provincial de Saragossa. A més, va ser nomenat professor interí de dissecció, per la qual cosa, durant els seus estudis a Saragossa (fins el 1873), Ramón y Cajal va ajudar al seu pare en la sala de disseccions de l'Hospital de Gràcia; de fet, el 1872, Ramón y Cajal va guanyar per oposició una plaça d'ajudant de dissector, la qual cosa l'obligava a realitzar preparacions anatòmiques. En aquella època el seu pare va valorar per primera vegada les habilitats de Cajal amb el dibuix.

L'any 1873, va guanyar per oposició una plaça de metge segon, que duia aparellat el grau de tinent de l'exèrcit. Fou destinat al regiment de Burgos, que en aquells moments estava destinat a Lleida, per combatre als Carlistes. El mes d'abril de 1874, va rebre l'ordre del trasllat a Cuba amb el grau de Capità per servir a la guerra contra la independència de l'illa. A Cuba li va tocar un dels pitjors destins que hi havia: la infermeria de Vista Hermosa perduda en mig de la manigua. Allà va compartir espai amb els 200 malalts de malària (en aquells moments no es coneixia que la malària estava produïda per un protozou transmès pel moscard *Anopheles*); la malaltia es transmetia a gran velocitat i Ramón y Cajal també en va ser afectat. Després d'un període de recuperació a Puerto Príncipe va ser destinat a la infermeria de San Isidro on Cajal va passar la pitjor etapa de la seva vida militar, ja que estava a les ordres d'un comandant corrupte que permetia que els cuiners aconseguissin beneficis econòmics a força de reduir les racions dels malats. Cajal es va rebel·lar contra aquella injustícia i això li va suposar pitjor tracte i aïllament per parts dels seus comandants. Com més temps passava més malalt estava i aconseguia subsistir a base de quinina, tanins i opi. Finalment, un general que va anar a revisar les instal·lacions en veure el lamentable estat de la infermeria de San Isidro i de Cajal en particular, va decidir-ne el desmantellament. Cajal va ingressar a l'Hospital de San Miguel i més tard a Puerto Príncipe on se li va diagnosticar paludisme, incompatible amb el servei militar i per tant li concediren la llicència. La vida no era com Cajal havia llegit abans d'anar a Cuba; en front del seu romanticisme guerrer es va trobar amb un exèrcit en el qual abundaven els lladres i els corruptes, enviats per polítics que desconeixien la situació real de la colònia espanyola.

Una vegada recuperat, encara que sempre li varen quedar seqüeles de la malaltia, va decidir preparar-se el doctorat per dedicar-se a la carrera docent. L'any 1875, va aconseguir un plaça d'ajudant interí d'anatomia pràctica a l'Escola de Medicina de Saragossa i l'any 1877 va ser nomenat professor auxiliar interí, càrrec que sumat al de practicant a l'Hospital de Gràcia i amb els guanys obtinguts de donar algunes lliçons de repàs li van permetre anar tirant.



## EL DOCTORAT

L'obtenció del grau de doctor en medicina exigia superar tres assignatures: Història de la Medicina, Anàlisi Químic i Histologia Normal i Patològica. Per preparar les assignatures es va matricular per lliure. Quan va anar a Madrid a presentar-se als exàmens (Calvo Roy, 1999) va comprovar que a l'assignatura de Química s'exigia molt menys del que ell havia preparat i que el text del programa de Història de la Medicina no es corresponia amb el que es demanava realment en els exàmens sinó que era el text de l'examinador. A Histologia, en canvi, el professor sí que s'atenia al programa; aquest professor, Aureliano Maestre de San Juan, catedràtic d'Histologia de la Universitat Central de Madrid, va tenir una importància capital en la formació científica de Cajal.

El discurs que va exposar davant el tribunal (l'equivalent a la defensa de la tesi doctoral) el va fer sobre la *Patogènia de la inflamació*, tema al qual dedicaria tres anys després la seva primera publicació científica. El juliol de 1877 es doctorà amb un aprovat.

### *Influència de Maestre de San Juan*

Durant aquella estada a Madrid, la histologia li va cridar força l'atenció i va aprofitar per visitar el laboratori de Maestre de San Juan, fundador de la Societat Histològica Espanyola; el professor Maestre de San Juan i el seu deixeble Leopoldo López García li varen mostrar algunes preparacions microscòpiques. Quan va tornar a Saragossa va comprar-se un microscopi *Verik* amb tots els seus accessoris i els tractats bàsics d'histologia i d'anatomia, i d'investigació microscòpica i es va subscriure a dues revistes: *Journal de micrographie* (francesa) i *The quarterly Microscopical Science* (anglesa).

## LES PRIMERES PUBLICACIONS

A la primavera de 1878, es varen convocar oposicions a les càtedres d'Anatomia Descriptiva i General de Granada i Saragossa que no va guanyar. Mentrestant, continuava familiaritzant-se amb la utilització del microscopi a la vegada que continuava preparant futures convocatòries. També va aconseguir els llibres que no havia pogut estudiar per a la primera oposició a càtedra a la que es va presentar, especialment, el *Manual Tècnic d'Histologia* de Louis-Antoine Ranvier, històleg francès (1835-1922), que va contribuir a que la histologia passés a ser una ciència experimental i no només descriptiva.

Després d'uns mesos malalt (segons Cajal per tuberculosi, encara que alguns biògrafs opinen que es probable que no fos tuberculosi, ja que si va emmalaltir pel febrer o març no podia haver-se recuperat a l'octubre (Duran y

Alonso, 1983)), Ramón y Cajal es va incorporar a una plaça de metge al poble de Castejón de Valdecasa, i abans de complir cinc mesos va prendre dues decisions transcendents: la primera, abandonar la plaça de metge de Castejón de Valdejasa i no acceptar la de Corella i la segona, casar-se.

El 18 de març de 1879, va guanyar per oposició la plaça de director del Museu Anatòmic de Saragossa i dia 19 de juliol de 1879 es va casar amb Silveria Fañanás García.

L'any 1880, va publicar el seu primer treball científic, *Investigaciones experimentales sobre la génesis inflamatoria* i el 1881, el seu segon treball, *Observaciones microscópicas sobre las terminaciones nerviosas de los músculos voluntarios de la rana*, que segons el propi Cajal van ser dos treballs bastant fluïdos però que li proporcionaren nous coneixements sobre altres científics i sobre tècniques histològiques (Ramón y Cajal, 1984). El 1883, va fer néixer el Dr. Bacteria, *alter ego* de Cajal, nom amb el qual signava articles de divulgació científica que es publicaven a la revista *La Clínica* de Saragossa, baix l'epígraf genèric de *Las maravillas de la histología* i que posteriorment també es publicarien a *La Crónica Médica* de València.

## **CAJAL, CATEDRÀTIC D'ANATOMIA DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**

L'any 1883 va guanyar per oposició la càtedra d'Anatomia de la Universitat de València i el mes de gener de 1884 en prengué possessió. La vida a València va suposar un canvi important per a Cajal. Guanyada la tranquil·litat econòmica, va organitzar la seva vida entre la càtedra, l'Ateneu Valencià i el Casino d'Agricultura, on es trobava amb els seus amics per mantenir tertúlies. Va decidir que el sou que guanyava com a catedràtic (3500 pessetes a l'any) el dedicaria a les despeses de la casa i a la manutenció de la família (administrades per la seva dona) i que la resta d'ingressos, com ara, classes particulars a alumnes del doctorat, els dedicaria al seu laboratori microgràfic. De fet una de les compres que ell mateix destaca en les seves memòries és un micròtom de *Reichert* (fins a les hores utilitzava una navalla de barber per fer els talls de les preparacions). Entre les activitats d'oci, destaca la creació del *Gaster-club*, una reunió d'amics que sortia al camp els diumenges en el que no es podia parlar ni de política, ni de religió ni de filosofia, segons els estatuts del club redactats pel mateix Cajal.

Degut a la epidèmia del còlera que tant de mal va fer a Espanya (1885) abandonà temporalment les seves investigacions microgràfiques per dedicar-se a l'estudi del *Bacillus comma*. La Diputació Provincial de Saragossa el va designar per estudiar l'epidèmia i per emetre un informe sobre la seva profilaxi. En una etapa de crisi de desenvolupament de la medicina, es debatia sobre la forma més eficaç de fer front a l'epidèmia. Els metges més vells es decantaven per utilitzar mesures higièniques i administrar làudanum i els més

joves, els que miraven pels microscopis, asseguraven que el causant de la malaltia era el *Bacillus comma*, descrit per Robert Koch (1843-1910) uns mesos abans. En aquest escenari va comparèixer Jaume Ferran (1852-1929), bacteriòleg i expert en el còlera (havia treballat a Marsella on hi havia hagut una altra epidèmia). Jaume Ferran va realitzar a València una vacunació sistèmica. Cajal va desenvolupar una variant, que és la base de l'actual vacunació. La diferència radicava en que Ferran inoculava bacils vius, i a Cajal se li va ocórrer inocular bacils morts. Aquest descobriment es atribuït als bacteriòlegs americans Salmon i Smith que el publicaren a 1886, però el descobriment que els bacils morts estimulen la producció d'anticossos és sens dubte de Cajal (Cannon, 1951). A finals de setembre de 1885 publica una extensa monografia titulada *Estudios sobre el microbio virgula del cólera y las inoculaciones profilácticas*. La Diputació de Saragossa, en agraïment al treball realitzat, va regalar a Cajal un microscopi Zeiss amb els objectius més moderns del mercat mundial; es demana Cajal si no hagués estat millor per al seu benestar econòmic haver cedit a l'imperi de la moda, referint-se a la microbiologia, però segons les seves pròpies paraules: «*movido por mis tendencias y sobre todo por motivos de índole económica (la histología es ciencia modesta y barata), escogí al fin la discreta senda histológica, la de los goces tranquilos*» (Ramón y Cajal, 1984).

Durant la seva estada a València, Ramón y Cajal va trobar temps per dedicar-se a investigacions sobre fenòmens hipnòtics i fins i tot, va constituir un comitè d'investigacions psicològiques. Va arribar a muntar una consulta a casa seva per atendre a diferents tipus de malalts, encara que les seves pròpies paraules no ens deixen lloc a dubtes: «*bastaba que yo asistiera a una sesión de adivinación, de sugestión mental, comunicación con los espíritus, posesión demoníaca, etc., para que a la luz de más sencilla crítica, se disiparan cual humo todas las propiedades maravillosas de los médiums o de las histéricas zahories. Lo admirable de aquellas sesiones no eran los sujetos, sino la increíble ingenuidad de los asistentes*» (Ramón y Cajal, 1934). Vivint a Barcelona (1889) va publicar un treball sobre l'atenuació dels dolors del part, com a conseqüència d'una investigació feta sobre la seva dona embarassada.

Quant als seus treballs d'investigació a la seva etapa valenciana, destaquem que l'any 1884 va començar a publicar en fascicles el *Manual de Histología normal y técnica micrográfica*. Aquest manual es va completar l'any 1889 i en una segona edició de 1893. En aquest treball es pot observar l'evolució de la percepció histològica de Cajal, des de les influències inicials de Maestre de San Juan fins a les més modernes de les seves publicacions estrangeres.

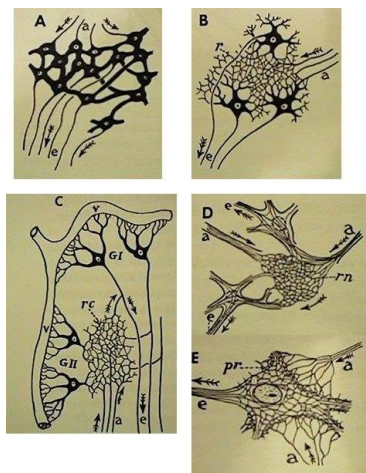
Aprofitant la primera ocasió que se li va presentar va publicar dues obres a l'estranger, concretament a la revista mensual *Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie*, en les quals analitzava l'estructura de les cèl·lules epitelials i per altra banda, la textura de la fibra muscular dels insectes.

Durant aquestes exploracions sistemàtiques sobre anatomia microscòpia li va arribar el torn al sistema nerviós. Luis Simarro (1851-1921), psiquiatra i neuròleg de València, a l'any 1887, li mostrà preparacions fetes amb el mètode del cromat de plata, i cridà l'atenció de Cajal vers la feina de Camilo Golgi, sobre l'estructura de la substància gris.

## SITUACIÓ DELS CONEIXEMENTS CIENTÍFICS

- **La teoria cel·lular:** el 1858, Virchow amb l'expressió *Omnis cellula ex cellula* (tota cèl·lula prové d'una altra cèl·lula) completa la teoria cel·lular de Schleiden i Schwann. La teoria cel·lular va ser confirmada a tota la matèria viva excepte al sistema nerviós. La culminació de la teoria cel·lular arriba amb l'obra de Ramón y Cajal, que estableix que el sistema nerviós no constitueix una excepció a la teoria cel·lular ja que també està format per cèl·lules. A tota la seva obra, Cajal qualifica la teoria cel·lular com a constituent de la veritat primordial de la histologia.
- **La histologia del sistema nerviós:** a finals del s. XIX la histologia del sistema nerviós es trobava en els seus inicis. Les metodologies utilitzades per a la investigació histològica resultaven inapropiades per a l'estudi del teixit nerviós. Bàsicament, faltaven procediments d'impregnació que permetessin discriminar bé les estructures. El sistema nerviós va ser el camp on es va dirimir l'existència o no de connexions citoplasmàtiques entre les cèl·lules. I es donaven dues condicions per això, la complexitat estructural i la funció transmissora de l'impuls nerviós que feia que fos necessari un contacte entre cèl·lules. El clima intel·lectual del s. XIX va nodrir el concepte d'anastomosis citoplasmàtiques entre les diferents cèl·lules nervioses, aquesta és la base de la teoria reticular de connexió entre les neurones. A la figura 1 es poden observar alguns models teòrics que s'utilitzaven per intentar explicar la forma en què les cèl·lules nervioses es podien connectar mitjançant continuïtats citoplasmàtiques. Joseph von Gerlach (1820-1896) va ser el primer en reclamar haver vist una fina estructura reticular formant una xarxa d'anastomosi entre les dendrites de les neurones (Jacobson, 1993). Va ser Camilo Golgi (1843-1926) qui va mostrar per primera vegada que les dendrites de les neurones acabaven lliurement sense connexions. Golgi va proposar, a més, que les dendrites finalitzaven en els vasos sanguinis, pensant que d'aquesta forma tindrien una funció nutritiva. Golgi va proposar que les connexions entre les neurones es realitzava entre els seus axons formant el que va anomenar *reticola nervosa diffusa* (Fig. 2). Les teories reticularistes van ser progressivament abandonades quan es va demostrar que les

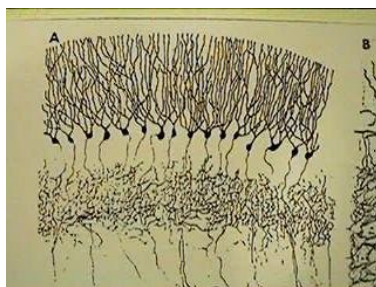
neurones estan separades per sinapsi, no travessades per neurofibril·les i que les neurofibril·les no entren en els terminals sinàptics. Un fet important en aquesta línia va ser la del treball d'Otto F. K. Deiters (1834-1863) qui va definir la constitució bàsica de la cèl·lula nerviosa com a integrada per un cos cel·lular que conté el nucli i dos tipus d'expansions, les protoplàsmiques (dendrites) i els axons. El 1886, Wilhelm His (1831-1904) exposa de forma clara la concepció que les cèl·lules nervioses interactuen per contigüitat, anticipant-se a la idea de Sherrington (1857-1952) de sinapsi; i August Forel (1848-1931), exposa que no observa cap procés d'anastomosi entre les cèl·lules nervioses. Cajal, entre el maig de 1888 i l'octubre de 1889, va fixar les bases de la investigació sobre la histologia del sistema nerviós amb la publicació de 18 monografies i notes a la *Revista trimestral de Histologia normal y patológica* i a la *Gaceta Médica Catalana* en les que exposa els resultats obtinguts en les seves investigacions i aporta les proves que recolzarien la doctrina de la neurona sobre la morfologia i les connexions de les cèl·lules nervioses en la substància gris.



**Figura 1.** Models teòrics per a intentar explicar com les cèl·lules nervioses es podrien connectar mitjançant continuïtats citoplasmàtiques. **A:** Schroeder van der Kolk (1859). **B:** Gerlach (1865) i Deiters (1865). **C:** Golgi (1891, 1907). **D:** Apathy (1897). **E:** Bethe (1900, 1904) i Nissl (1903). a) axó aferent. e) axó eferent. GI) neurona tipus I de Golgi. GII) neurona tipus II de Golgi. r) xarxa de dendrites. rc) xarxa d'axons col·laterals. m) xarxa extracel·lular continua amb neurofibril·les intracel·lulars. pr) xarxa pericel·lular connectada amb la xarxa de neurofibril·les intracel·lulars. v) vas sanguini. (*Foundations of Neuroscience*. Jacobson, 1993, pàg 172).

## UNA IDEA SENZILLA

Després de conèixer el mètode de Golgi, Ramón y Cajal es va dedicar a aplicar-ho en nombroses preparacions histològiques del sistema nerviós de diferents espècies. Els primers resultats no el van convèncer. En aquest moment, una idea senzilla però genial va resultar ser determinant per a les seves investigacions histològiques: aplicar el mètode de Golgi a animals més simples o a les fases primeres de l'evolució ontogènica, en les quals el sistema nerviós ofereix una organització simplificada. Aquesta idea, juntament amb la seva capacitat d'anàlisi i amb la seva capacitat de millorar les metodologies (procediment de la doble impregnació), la seva intel·ligència i constància, li oferiria al final un lloc important a la història de la ciència.



**Figura 2.** Representació de Golgi de la seva hipotètica *reticula nervosa diffusa*. Golgi (1907). Xarxa formada pels axons col·laterals. (*Foundations of Neuroscience*, Jacobson, 1993, pàg. 211).

## CAJAL, CATEDRÀTIC D'HISTOLOGIA I HISTOQUÍMICA NORMALS I D'ANATOMIA PATOLÒGICA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

El 1888, Cajal arriba a Barcelona, ciutat amb mig milió d'habitants i en ple desenvolupament econòmic, en bona mesura per l'exposició universal que se celebraria aquell mateix any. Al claustre que s'incorporaria Cajal, es respirava una mentalitat experimentalista. Ens trobam amb un Cajal a la seva plenitud de potencial creador, en un claustre estimulante i amb un bon laboratori. En aquest ambient es cristal·litzarien els descobriments en torn al sistema nerviós, i en conseqüència, va tenir lloc un canvi profund en les concepcions sobre la histologia del sistema nerviós del moment. Tal com ens conta el propi Cajal «*y llegó el año 1888, mi año cumbre, mi año de fortuna*» (Ramón y Cajal, 1984).

Durant la seva estada a Barcelona es publicaren les investigacions més importants de Ramón y Cajal. Desbordat per la quantitat de treballs i per la seva impaciència per donar a conèixer els resultats, decideix publicar pel seu compte la *Revista trimestral de Histología normal y patológica*. Cajal descriu per primera vegada en dos treballs, *Estructura de los centros nerviosos de las aves* (1 de maig de 1888) i *Sobre las fibras nerviosas de la capa molecular del cerebelo* (1 d'agost de 1888), la forma de terminació de les fibres nervioses: «cada célula nerviosa es un cantón absolutamente autónomo» (De Castro, 1981). Dels treballs i investigacions realitzats per Cajal en diversos tipus de cèl·lules nervioses, va extreure 4 lleis que posteriorment serien ratificades en diferents investigacions i amb noves metodologies d'impregnació:

- 1) *Las ramificaciones colaterales y terminales de todo cilindro-eje acaban en la sustancia gris, no mediante red difusa, según defendían Gerlach y Golgi con la mayoría de los neurólogos, sino mediante arborizaciones libres, dispuestas en variedad de formas (cestas o nidos pericelulares, ramas trepadoras, etc.*
- 2) *Estas ramificaciones se aplican íntimamente al cuerpo y dendritas de las células nerviosas, estableciéndose un contacto o articulación entre el protoplasma receptor y los últimos ramúsculos axónicos.*

*De las referidas Leyes Anatómicas despréndese dos corolarios fisiológicos:*

- 3) *Puesto que el cuerpo y dendritas de las neuronas se aplican estrechamente a las últimas raicillas de los cilindro-ejes, es preciso admitir que el soma y las expansiones protoplásmicas participan en la cadena de conducción, es decir, que reciben y propagan el impulso nervioso, contrariamente a la opinión de Golgi, para quien dichos segmentos celulares desempeñan un papel meramente nutritivo.*
- 4) *Excluida la continuidad sustancial entre célula y célula, se impone la opinión de que el impulso nervioso se transmite por contacto, como en las articulaciones de los conductores eléctricos, o por una suerte de inducción, como en los carretes de igual nombre.*

## **EL CONGRÉS DE LA SOCIETAT ANATÒMICA ALEMANYA**

Les publicacions de Cajal no tenien repercussió a l'estranger; els treballs que arribaven a les mans de Cajal o no el citaven o ho feien de passada sense concedir-li una atenció especial a les seves opinions (Ramón y Cajal, 1984). Decideix acudir al congrés de la Societat Anatòmica Alemanya (Berlín, 1889) per a donar a conèixer allà les seves investigacions i mostrar les seves

preparacions directament. En el congrés fou rebut en cortesia encara que xocà la presència d'un investigador espanyol. Cajal es trobava allà envoltat dels històlegs més importants del moment, que no li dedicaven cap atenció. Cajal portava les proves que demostraven que la teoria reticular estava equivocada, les proves que donarien lloc a una nova concepció de la neurociència. Com que ningú no s'acostava a mirar per l'ocular del seu microscopi, Ramón y Cajal es va dirigir cap a Rudolph Albert von Kölliker (1817-1905), històleg de Suïssa, professor de la Universitat Alemanya de Würzburg i autoritat histològica del moment; segons conten, Cajal va agafar el braç de Kölliker de forma amable però enèrgica i el va conduir al seu microscopi; primer va posar una preparació, i després un altre i un altre..., fins que, quan varen ser conscients de la importància del que mostraven aquelles preparacions, Cajal fou felicitat de manera calorosa i sincera: *«los resultados obtenidos por usted son tan bellos que pienso emprender inmediatamente, ajustándome a la técnica de usted, una serie de trabajos de confirmación. Le he descubierto a usted y deseo divulgar en Alemania mi descubrimiento»*, li va dir Kölliker a Cajal en un dinar que va tenir lloc després de la sessió del congrés (Ramón y Cajal, 1984).

## **CAJAL, CATEDRÀTIC D'HISTOLOGIA NORMAL, HISTOQUÍMICA I ANATOMIA PATOLÒGICA DE LA UNIVERSITAT DE MADRID**

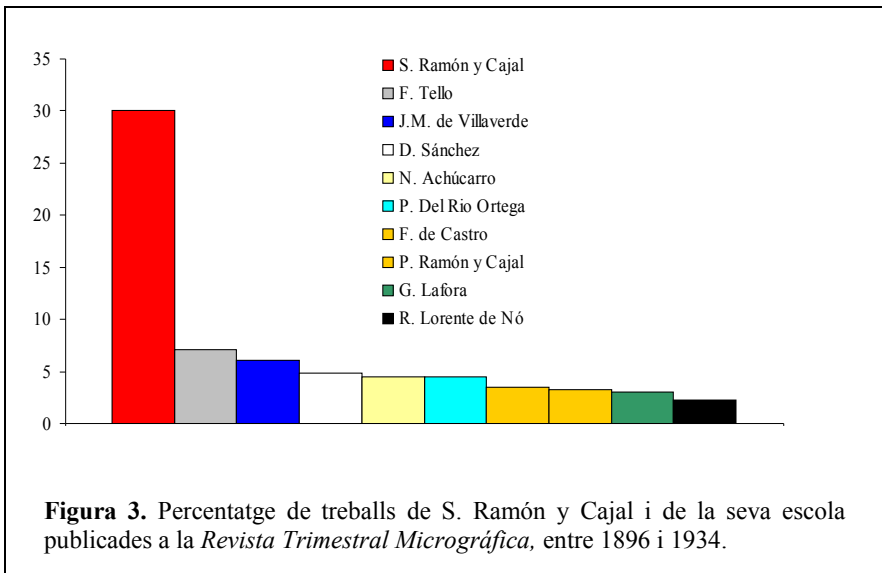
Durant la primavera de 1892, Cajal arriba a Madrid com a Catedràtic de la Universitat Central (a la vacant deixada per Maestre de San Juan), la qual cosa a l'Espanya del moment era incrementar les possibilitats d'investigació i prestigi personal. En els primers temps a Madrid, ens trobam amb un Cajal en ganes de formar-se, i que, per tant, freqüenta centres d'intel·lectualitat, llegeix sense aturar, filosofia, evolucionisme, història, dret, etc. A més de donar les classes a la Universitat i assistir a les tertúlies de la *Peña del café Suizo*, segueix treballant amb un ritme frenètic (el seu ritme habitual). Es dedicà amb bona mesura a comprovar que la teoria neuronal era certa i es podia comprovar a totes les cèl·lules nervioses.

El mes de febrer de 1894, rep la invitació de *The Royal Society* de Londres per donar la conferència coneguda com a la *Croonian Lecture*. Abans de la conferència, Cajal va viatjar a Cambridge per ésser investit *Doctor Honoris Causa*. La conferència de Cajal, en la qual va donar a conèixer el més important dels seus descobriments sobre la morfologia i connexió de les cèl·lules nervioses, va ser un èxit rotund.

El 1896, comença l'edició de la *Revista Trimestral Microgràfica*. Les causes per les quals Cajal es decideix a editar una nova revista les trobam a dos punts fonamentals: la necessitat que tenia per publicar ràpidament, sense la demora d'espera necessària a qualsevol altra revista, i com una font d'estímul de la feina dels seus deixebles (De Castro, 1981). Des de l'inici de la



publicació, la revista trimestral microgràfica es va convertir en el principal mitjà amb el qual Ramón y Cajal va donar a conèixer la seva labor d'investigació personal i la de la seva escola histològica (López-Piñero, 1988). A la figura 3 es representa el percentatge de publicacions de Ramón y Cajal i de la seva escola aparegudes a la *Revista Trimestral Microgràfica* (1896-1934) (Timoner, 2006). Va aparèixer fins el 1901, data en la que va ser continuada per la revista *Trabajos de Laboratorio de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Madrid*, que s'edità amb pressupost oficial a partir de la fundació del centre que duu aquest mateix nom per acord del Consell de Ministres, després de l'entusiasme que va provocar la concessió a Cajal del premi Moscou (1900).

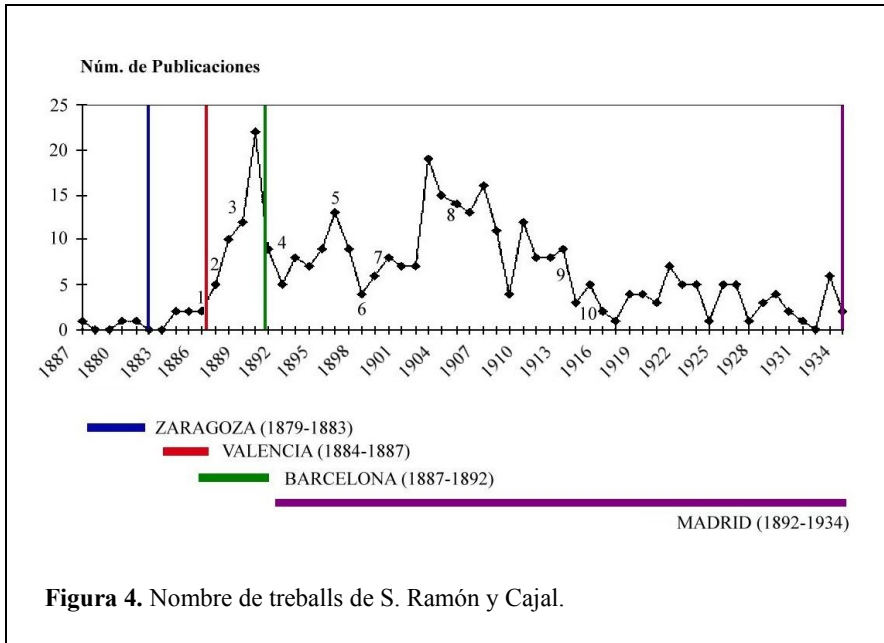


## CAJAL, NOBEL 1906

Dia 25 d'octubre de 1906, Cajal va rebre un telegrama en el qual se li comunicava que l'Acadèmia de Ciències d'Estocolm li concedia el premi Nobel en la secció de Fisiologia i Medicina. El premi se li va concedir *ex aequo* juntament amb Camilo Golgi. Des del principi, Cajal va tractar de tenir la mínima publicitat possible, però tal com ell escriuria: «*ante la perspectiva de felicitaciones, mensajes, homenajes, banquetes y demás sobaduras, tan honrosas como molestas, hice los primeros días heroicos esfuerzos por ocultar el suceso. Vanas fueron mis cautelas. Poco después, la prensa vocinglera lo divulgó a los cuatro vientos. Y no hubo más remedio que subirse en peana y convertirse en foco de las miradas de todos*» (Ramón y Cajal, 1981).

## APROXIMACIÓ BIBLIOMÈTRICA A L'OBRA DE SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

De l'anàlisi de les publicacions de Ramón y Cajal a partir de l'obra de Pérez de Tudela (1983) *Publicaciones del prof. Dr. Santiago Ramón y Cajal existentes en los fondos de la biblioteca del Instituto de Neurobiología Santiago Ramón y Cajal* i de l'obra de Cajal (1984) *Historia de mi labor científica*, es desprèn la magnitud de la seva obra. Foren comptabilitzades més de 350 publicacions distribuïdes en 58 anys, entre les quals es troben 61 manuals d'histologia, anatomia patològica, autobiografies, etc., i 284 corresponen a treballs monogràfics, que per la seva extensió i contingut es podrien catalogar com a llibres (Fig. 4), del que resulta una mitjana de 6 publicacions anuals.



La representació del número de publicacions de cada any, ens permet situar alguns esdeveniments que influïren en la feina de Cajal (Timoner, 2006):

- 1886, comença les investigacions del sistema nerviós que conduiran a la doctrina de la neurona.
- 1887, Luis Simarro li ensenya el mètode de Golgi.
- 1889, es comencen a conèixer els seus treballs a l'estranger (congrés de Berlín).

- 1891, comença la preparació de les oposicions de Madrid.
- 1896, ressorgiment de la teoria reticular. Inicia noves investigacions per defensar la teoria neuronal. Comença l'edició de la *Revista Trimestral Microgràfica*.
- 1898, guerra colonial.
- 1900, director de l'Institut Nacional d'Higiene.
- 1903, Congrés Internacional de Medicina de Madrid. Luis Simarro li ensenya un nou mètode de tinció de les neurofibril·les.
- 1912, període dedicat a les investigacions metodològiques.
- 1914, primera guerra mundial.

## VALORACIÓ DE L'IMPACTE DE L'OBRA DE SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL A LA SEGONA MEITAT DEL SEGLE XX

L'avaluació de l'impacte de l'obra de Cajal en la segona meitat del s. XX, es basa en la quantificació del nombre de cites bibliogràfiques que han rebut les obres de Ramón y Cajal, Camilo Golgi i Charles Scott Sherrington des de l'any 1945 fins a l'any 1994, a partir de l'indicador bibliomètric SCISEARCH (*Science Citation Index - Current Contents*).

La importància que els indicadors bibliomètrics tenen en l'avaluació científica és considerable, si es tracta d'avaluar una activitat científica experimental (López-Piñero y Terrada, 1992). El SCISEARCH és la principal base de dades interdisciplinària que inclou les cites bibliogràfiques. De les revistes que serveixen de fonts al *Science Citation Index* (SCI) un 43,4% correspon als EEUU, el 16,7% a Gran Bretanya i la resta a l'ex-Unió Soviètica, Japó, França, Itàlia i Espanya.

Per altra banda, hem de tenir en compte que el principal problema del SCI és la seva cobertura (Nederhof, 1988), ja que inclou una relació de revistes que no és una mostra aleatòria de les revistes de tot el món.

Amb la finalitat de comparar objectivament les dades obtingudes de l'estudi de les cites bibliogràfiques de Ramón y Cajal, es van realitzar de forma paral·lela la quantificació i estudi del nombre de cites bibliogràfiques de les publicacions de Golgi i Sherrington durant el mateix període. Per a l'elecció d'aquests dos científics com a punt de referència per a valorar l'impacte de l'obra de Cajal hem tingut en compte dos punts de similitud: primer, el fet que els tres científics fossin contemporanis; i, segon, que els tres científics es dediquessin a l'estudi del sistema nerviós. A més a més, els tres científics foren guardonats pel seu treball amb el premi Nobel de Fisiologia i Medicina: Ramón y Cajal i Camilo Golgi l'any 1906, i Charles Scott Sherrington l'any 1932.

Durant el període estudiat (1945-1994) l'obra de Camilo Golgi ha rebut un total de 737 cites bibliogràfiques (Taula 1), del que resulta una mitjana de 14,7 cites anuals. Quan comparem el nombre de cites anuals que han rebut les

publicacions de Golgi amb la mitjana de cites bibliogràfiques per autor del SCI, observem que quasi tots els anys estudiats, les obres de Golgi reben un major nombre de cites que la mitjana, i en molts casos aquest nombre duplica o triplica els valors mitjans. Per tant, podem afirmar que els treballs de Camilo Golgi han tingut una repercussió important en la ciència de la segona meitat del s. XX.

	Total de cites bibliogràfiques	Mitjana anual de cites bibliogràfiques (1945-1994)
<b>Camilo Golgi</b>	737	14,7
<b>C.Scott Sherrington</b>	5146	102,9
<b>S. Ramón y Cajal</b>	14 729	294,6

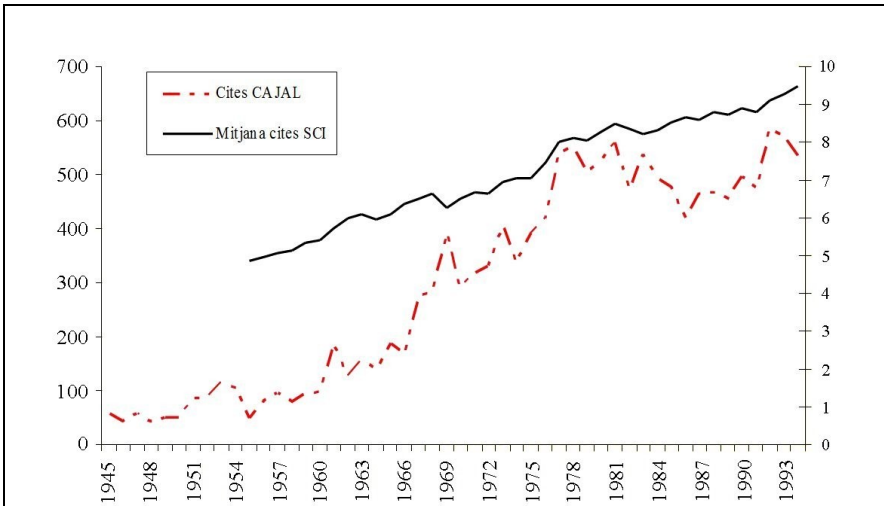
**Taula 1.** Número de cites bibliogràfiques de Golgi, Sherrington i Cajal rebudes entre 1945 i 1994.

Per altra banda, el conjunt de publicacions de Charles Scott Sherrington ha rebut un total de 5146 cites bibliogràfiques, és a dir, una mitjana de 102,9 cites per any (Taula 1). De la comparació amb la mitjana de nombre de cites per autor i any del SCI, resulta que les publicacions de Sherrington han rebut un nombre de cites bibliogràfiques sempre molt superior a la mitjana, amb valors que la multipliquen per 10. Així, també en el cas de Sherrington, podem afirmar que la seva obra ha tingut una àmplia repercussió en la ciència de la segona meitat del s. XX, i segons els nostres resultats un paper de molt més impacte que l'obra de Golgi, ja que les xifres relatives al nombre de cites bibliogràfiques rebudes són molt superiors.

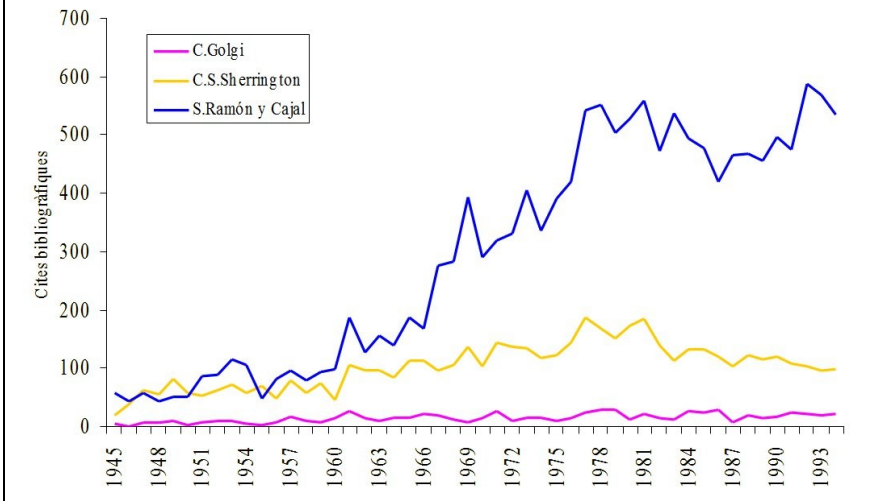
Seguint amb el mateix procediment utilitzat amb els autors anteriors, hem realitzat l'estudi bibliomètric de l'obra de Ramón y Cajal. Les publicacions de Ramón y Cajal reben un total de 14 749 cites durant el període comprés entre 1945 i 1994, és a dir, una mitjana de 294,6 cites anuals (Taula 1). Quan comparem el nombre de cites bibliogràfiques de Ramón y Cajal amb la mitjana de cites per autor del SCI (Fig. 5), resulta que les publicacions de Cajal superen de forma extraordinària i durant tots els anys en què s'han estudiat els valors mitjans del SCI, fins arribar, en alguns casos, a multiplicar-los per 60 (observar la doble escala utilitzada).

Per tant, si hem afirmat que tant l'obra de Golgi com la de Sherrington han causat una repercussió important en la ciència de la segona meitat del s. XX, molt més gran ha estat l'impacte dels treballs de Ramón y Cajal: el

nombre de cites bibliogràfiques de Cajal, multiplica per 20 les cites bibliogràfiques que rep l'obra de Golgi, i quasi triplica las de Sherrington.



**Figura 5.** Comparació del número de cites bibliogràfiques de S. Ramón y Cajal amb la mitjana de cites per autor del SCI.



**Figura 6.** Comparació del número de cites bibliogràfiques de S. Ramón y Cajal, C. S. Sherrington i C. Golgi rebudes entre 1945 i 1994.

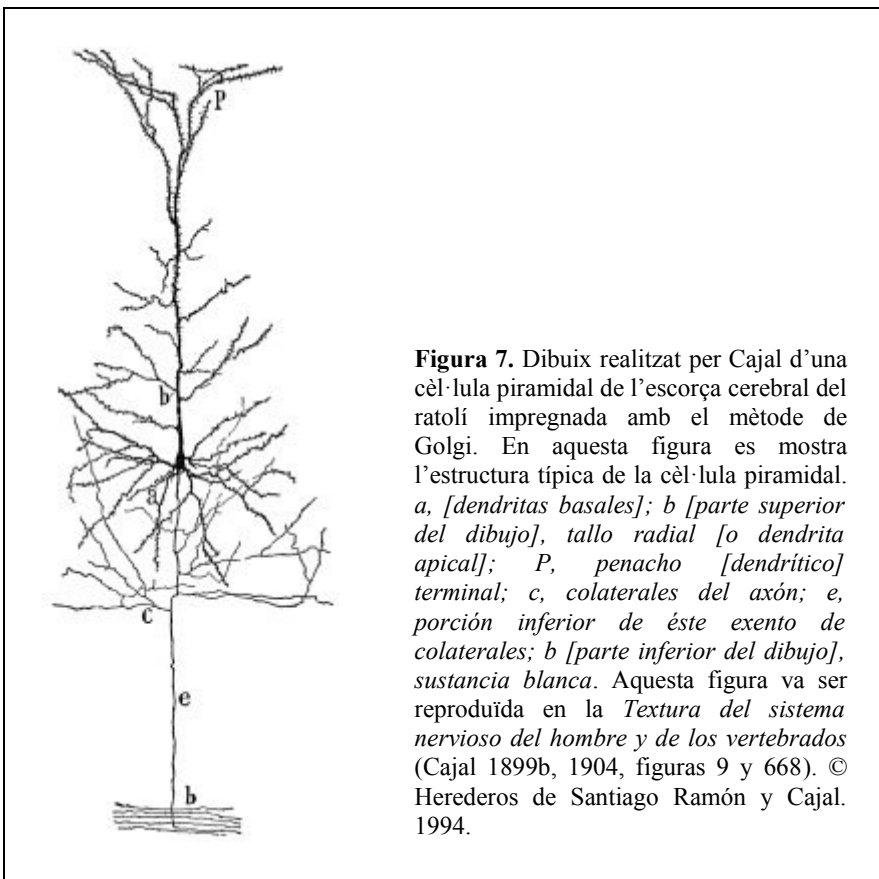
Finalment, a la figura 6 es representen el nombre total de cites bibliogràfiques rebudes pel tres científics, demostrant-se una vegada més, les diferències existents entre Santiago Ramón y Cajal, Camilo Golgi i Charles Scott Sherrington. A més a més, s'observa que la diferència comença a ser significativa a partir dels anys 60. Aquest fet pot tenir la seva explicació en el desenvolupament de noves tècniques histològiques, principalment la invenció del microscopi electrònic. Una dècada després de la seva invenció (Palay, 1956) el microscopi electrònic donà consistència a una gran varietat de morfologies sinàptiques descrites amb el microscopi òptic, proporcionant una impressionant confirmació de la Teoria de la Neurona, enunciada i defensada per Santiago Ramón y Cajal.

## INFLUÈNCIA DELS ESTUDIS DE CAJAL EN L'ACTUALITAT

L'estudi de les cèl·lules piramidals, («*las mariposas del alma*» com tan bellament les denominava Cajal) les neurones més típiques i abundants de l'escorça cerebral, constitueix un bon exemple de la influència de l'obra científica de Cajal en els estudis actuals.

Cajal va atorgar una importància extraordinària a les cèl·lules piramidals, o com sovint les descrivia «*las nobles y enigmáticas células del pensamiento*», suggerint que representen els principals components dels circuits sinàptics de l'escorça cerebral. Actualment sabem que les cèl·lules piramidals constitueixen la principal font de sinapsis excitadores corticals i que són les úniques cèl·lules de projecció de l'escorça, és a dir, que la informació que es processada en una determinada zona de l'escorça surt d'aquesta a través dels axons de les cèl·lules piramidals cap a altres àrees corticals o centres nerviosos subcorticals. A més, són elements clau en l'organització columnar de l'escorça cerebral i en el mecanisme global de la percepció sensorial, que és el fenomen mitjançant el qual el cervell integra la informació de diferents àrees corticals i produeix una percepció, unificada, contínua i coherent (De Felipe, 2007). Aquestes característiques fan que l'estudi de les cèl·lules piramidals sigui del màxim interès en l'actualitat. Les espines dendrítiques de les cèl·lules piramidals representen un component crucial en l'estructura i funció d'aquestes cèl·lules, i una de les principals línies d'investigació actuals. Cajal l'any 1888, en el seu primer article que va utilitzar el mètode de Golgi per estudiar el cervell de les aus, va descriure per primera vegada l'existència de les espines dendrítiques (Fig. 7).

Posteriorment, va descriure les espines dendrítiques també a l'escorça cerebral. Cajal va proposar que les espines servien per connectar els axons amb les dendrites i que representaven un aspecte morfològic fonamental i que, probablement amb el temps, es demostraria que tenen funcions fisiològiques. Durant cert temps, alguns autors de prestigi, com ara, Golgi i Kölliker, consideraven que les espines eren artefactes produïts per la tinció, i de fet, en els dibuixos de dendrites d'aquests autors, aquestes apareixen llises.



**Figura 7.** Dibuix realitzat per Cajal d'una cèl·lula piramidal de l'escorça cerebral del ratolí impregnada amb el mètode de Golgi. En aquesta figura es mostra l'estructura típica de la cèl·lula piramidal. *a*, [dendritas basales]; *b* [parte superior del dibujo], tallo radial [o dendrita apical]; *P*, penacho [dendrítico] terminal; *c*, colaterales del axón; *e*, porción inferior de éste exento de colaterales; *b* [parte inferior del dibujo], sustancia blanca. Aquesta figura va ser reproduïda en la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (Cajal 1899b, 1904, figuras 9 y 668). © Herederos de Santiago Ramón y Cajal. 1994.

En els cinquanta anys posteriors als estudis de Cajal, les espines dendrítiques van romandre oblidades fins a la introducció del microscopi electrònic i la publicació d'articles sobre la plasticitat de les espines dendrítiques i la relació amb els processos d'aprenentatge, memòria i deficiències mentals. Estudis moderns han posat de manifest que existeixen canvis significatius en la morfologia i forma de les espines dendrítiques en les modificacions conductuals induïdes per l'estrès, malnutrició, hipòxia, consum de drogues, alcohol, etc. Els canvis en el nombre d'espines dendrítiques suposen modificacions en el número de sinapsis i els canvis en la morfologia de les espines suggereixen modificacions funcionals dels mecanismes de processament de la informació a nivell de l'espina. Per exemple, diversos estudis demostren que el volum del cap de l'espina és directament proporcional al nombre de receptors postsinàptics, al nombre de vesícules presinàptiques ancorades a la membrana i a la quantitat de neurotransmissor disponible per ésser alliberat; i que la grandària del cap de l'espina i el coll són factors que influeixen en l'intercanvi bioquímic entre l'espina i el tall dendrític (De Felipe, 2007).

Algunes de les principals preguntes de la neurociència són: Quin és el substrat neuronal que fa a l'home ésser humà? Què té d'especial el neocòrtex humà, que el diferencia de les altres espècies? Cajal, en el seu llibre *Recuerdos de mi vida* (Cajal, 1981) ja es fa la mateixa pregunta: «...*el lenguaje articulado, la capacidad de abstracción, la aptitud de forjar conceptos y, en fin, el arte de inventar instrumentos ingeniosos ¿no parece anunciar la existencia de resortes originales, de algo, en fin cualitativamente nuevo y justificativo de la nobleza psicológica del Homo sapiens?*».

Cajal en nombroses ocasions parlava de la major complexitat de l'arborització dendrítica de les cèl·lules piramidals en el cervell humà. Aquestes idees romangueren oblidades fins a la introducció de noves tècniques. Per exemple, fa uns anys es va desenvolupar una tècnica per a l'anàlisi microanatòmic de les cèl·lules piramidals que consisteix en la injecció intracel·lular amb agents químics com el *Lucifer Yellow*. Utilitzant aquesta tècnica s'ha demostrat que hi ha diferències molt significatives entre àrees corticals i espècies; per exemple, s'ha observat que les cèl·lules piramidals de l'escorça prefrontal humana presenten un 72% més d'espines dendrítiques que la del macaco.

En relació a la plasticitat del sistema nerviós, Cajal mantenia que l'arquitectura cortical no era una estructura fixa, de tal forma que els processos mentals podrien estar relacionats amb la plasticitat dels circuits neuronals. La cosa més sorprenent és que les seves hipòtesis tenen un indiscutible sabor modern (De Felipe, 2006), ja que dècades més tard es va demostrar en animals d'experimentació exposats a ambients enriquits (gàbia més grossa amb objectes per jugar i explorar) que augmentaven les ramificacions dendrítiques i la densitat de les espines en l'escorça cerebral; en la mateixa direcció s'ha demostrat que a major nivell educatiu de les persones, major complexitat dels arbres dendrítics.

## CONCLUSIÓ

Ramón y Cajal va concebre la neurona com a la unitat fonamental de la funció del sistema nerviós i sense capacitat de divisió. Els corpuscles satèl·lits (glia) actuarien com a cèl·lules auxiliars amb funcions fonamentals en el balanç material i energètic de l'encèfal. Concebí l'impuls nerviós com a un esdeveniment elèctric, i avançà el concepte de transmissió química. Ramón y Cajal, descrigué correctament moltes propietats del protoplasma, l'existència de les espines dendrítiques i avançà el paral·lelisme existent entre els diferents tipus de neurones i les funcions especialitzades. Cajal aportà moltes proves evolutives per a explicar les causes de l'estructura cerebral, cercant els seus orígens en invertebrats i en embrions. Ramón y Cajal desitjava conèixer les propietats estructurals del cervell humà indagant en estats simplificats del mateix. En aquest sentit, la utilització de l'anomenat mètode ontogènic o embriològic (recorre als embrions i animals inferiors per a realitzar les



investigacions amb l'objectiu de simplificar la complexitat del sistema nerviós) fou una de les claus del seu èxit. Amb la utilització d'aquests models avançà en les investigacions sobre els processos degeneratius i regeneratius del sistema nerviós, i interpretà correctament la incapacitat de la medulla espinal de regenerar-se després d'una secció.

L'impacte de l'obra de Ramón y Cajal en la ciència de la segona meitat del s. XX és excepcional. Sempre tenint en compte les característiques del *Science Citation Index*, resulta que les investigacions i els descobriments de Cajal ocupen un lloc important en el desenvolupament de la ciència. Encara que ja ha passat més d'un segle des de l'enunciat de les bases de la teoria de la neurona (1888), algunes de les seves publicacions se segueixen citant de la mateixa forma des de l'any 1945.

Santiago Ramón y Cajal s'ha de considerar com un dels més grans descobridors de les propietats i funcions del sistema nerviós; descobriments i metodologies que encara avui en dia mantenen la seva vigència. Hem de considerar a Cajal com un gran treballador de la ciència, un personatge molt a tenir en compte en la Història de la Ciència.

Per acabar unes paraules de Santiago Ramón y Cajal: «*El jardín de la neurología brinda al investigador espectáculos cautivadores y emociones artísticas incomparables. En él hallaron, al fin, mis instintos estéticos plena satisfacción...la admiración ingenua de la forma celular constituía uno de mis placeres más gratos, porque, aun desde el punto de vista plástico, encierra el tejido nervioso innumerables bellezas*».

I unes de Juan Ramón Jiménez (1942): «*no conozco cabeza tan nuestra como la suya...Lo he visto, una vez, en un tranvía, una tarde de lluvia larga, total y ciega, ponerse en la melena plateada las gafas de leer, olvidarse, reclinarse contra el cristal, y seguir así, mirando, en ocio lleno, dejado y melancólico, su infinito*».

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Calvo Roy, A. (1999). *Cajal, triunfar a toda costa*. Alianza Editorial.
- Cannon, D. F. (1951). *Vida de Santiago Ramón y Cajal, explorador del cerebro humano*. Gandesa. México.
- De Castro, F. (1981). *Cajal y la escuela neurológica española*. Universidad Complutense de Madrid.
- De Felipe, J. (2007). *Cajal y la neurociencia del s. XXI*. En: De Felipe, J.; Markram, H. y Wagensberg, J. (Coordinadores) *Paisajes Neuronales: Homenaje a Santiago Ramón y Cajal*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas e Instituto Cervantes. Madrid. 41-97.
- Duran, G. y Alonso, F. (1983). *Cajal. (Vol. I) Vida y Obra. (Vol. II) Escritos inéditos*. Ed. Científico-Médica, Barcelona. 1016 pp.

- Jacobson, M. (1993). *Foundations of Neuroscience*. Plenum Press. New York and London.
- López-Piñero, J. M. (1988). *Cajal*. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías. Barcelona.
- López-Piñero, J.M. y Terrada, M.L. (1992). *Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría*. Med. Clin. (Barc); 98: 64-68. *(II) La comunicación científica en las distintas áreas de las ciencias médicas*. Med. Clin. (Barc); 98: 101-106. *(III) Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión*. Med. Clin. (Barc); 98: 142-148. *(IV) La aplicación de los indicadores*. Med. Clin. (Barc); 98: 384-388.
- Nederhof, A. J. (1988). *The validity and reliability of evaluation of scholarly performance*. Van Raan AFJ ed. Handbook of quantitative studies of science and technology. Amsterdam-Nord Holland: 193-228.
- Palay, S. L. (1956). *Synapses in the Central Nervous System*. J. Biophys. Biochem. Cytol., 2, Supple: 193-202.
- Pérez de Tudela, M. A. (1983). *Publicaciones del prof. Dr. Santiago Ramón y Cajal existentes en los fondos de la biblioteca del Instituto de Neurobiología Santiago Ramón y Cajal*. Trabajos del Instituto Cajal, t. LXXIV, fasc. 1º, 3º, Madrid.
- Ramón y Cajal, S. (1934). *El mundo visto a los ochenta años. Impresiones de un arteriosclerótico*. Tipografía artística Alameda. Madrid.
- Ramón y Cajal, S. (1952). *Mi infancia y juventud*. Buenos Aires, Espasa-Calpe.
- Ramón y Cajal, S. (1981). *Recuerdos de mi vida: historia de mi labor científica*. Alianza Universidad, Madrid.
- Ramón y Cajal, S. (1984). *Cajal, artista*. Capítulo de *Paisajes Neuronales. Homenaje a Santiago Ramón y Cajal, 2007*. CSIC, Madrid. (Discurso presentado en 1984 en el Ateneo de Madrid con el título *Coloquio sobre Ramón y Cajal en el 50º aniversario de su fallecimiento*).
- Timoner, G. (2006). *La revista trimestral micrográfica y la doctrina de la neurona*. Institución Fernando el Católico. Colección Estudios. Zaragoza.

# El creador de la relativitat: Albert Einstein

Joan Stela

---

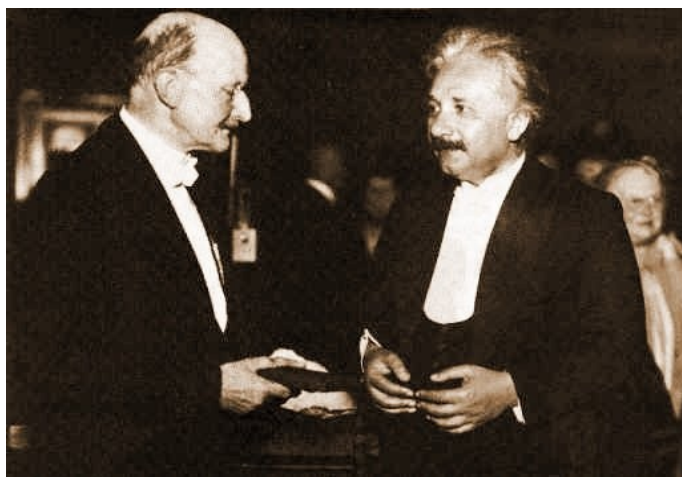
Stela, J. (2016). El creador de la relativitat: Albert Einstein. *In*: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). *Idees que van canviar el món*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 255-260. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resum:** Al llarg del segle XX la física ha experimentat una gran revolució, tots els canvis de concepció de la natura són revolucionaris i els que s'iniciaren a principis del segle passat els hi podem considerar especialment ja que amb ells s'establiren els nous conceptes bàsics amb els que avui es fa ciència. Si hem de posar una fita als canvis que hi ha hagut en el camp de la física sens dubte aquesta seria l'any 1905, per la importància de les aportacions que es feren aquell any i perquè les va fer una mateixa persona, Albert Einstein (1879-1955), i és també per aquest motiu i per commemorar-ne el centenari, que l'Assemblea General de l'ONU va declarar l'any 2005 com a Any Mundial de la Física.

**A**l llarg de l'any 1905 Einstein va publicar a la revista alemanya *Annalen der Physik* treballs en tres camps diferents de la física i cada un d'ells amb aportacions claus per a l'evolució de la física, per això se l'ha denominat *l'annus mirabilis* (any meravellós). En el primer d'aquests, publicat el mes de març amb el títol *Un punt de vista heurístic sobre la producció i transformació de la llum*, Einstein propugnava que les ones

electromagnètiques porten l'energia en quàntums discrets i independents, que els anys vint passaren a denominar-se fotons, resolent així el problema que plantejava explicar l'efecte fotoelèctric en base a la teoria clàssica i que el situava com un dels precursors de la teoria quàntica (Fig. 1). *Sobre el moviment requerit per la teoria cinètica molecular del calor de petites partícules suspeses en un líquid estacionari* és el títol del segon treball, publicat el mes de maig, on presenta el conegut moviment brownià com a prova de que la matèria esta formada per àtoms i molècules posant fi al debat secular de la constitució de la matèria. I al mes de juny d'aquest mateix any aparegué el primer article de la que avui anomenam teoria especial de la relativitat, *Sobre l'electrodinàmica de cossos en moviment*, és en aquest en el que presentà els conceptes més revolucionaris en tant que substituïen els conceptes més bàsics i assumits per a tots com a de sentit comú que eren els conceptes d'espai i de temps (Fig. 2).



**Figura 1.** Einstein junt amb el professor Max Planck, dos dels pares de la quàntica.

Recordem aquests conceptes. Isaac Newton havia fet tota la teoria de la mecànica i la gravitació utilitzant els conceptes d'espai i de temps clàssics nascuts a l'antiga Grècia i que recull en la seva obra mestre els *Principia* del 1686, els hi dedica unes poques frases pel que tenien d'obvis, de l'espai en deia «... és absolut, per la seva pròpia naturalesa, sense relació amb cap cosa externa, es manté sempre igual i inamovible.» i del temps «real i matemàtic, per si mateix i la seva naturalesa, flueix independentment de qualsevol cosa externa i també es denomina duració.», conceptes que encara tenim ben

arrelats tot i que la relativitat va demostrar que són erronis analitzant els fets provats per l'experiència sense prejudicis. La teoria de Newton era plenament compatible i reforçava el principi de relativitat clàssic segons el qual les lleis de la mecànica no ens permeten discernir quin és el nostre moviment si aquest no és accelerat. En aquest marc teòric, Newton va crear la Llei de Gravitació Universal que explicava tot l'Univers observat i feia prediccions sobre el no observat. Va permetre a Le Verrier, cap el 1840, preveure l'existència del planeta Neptú a partir d'unes anomalies en l'òrbita d'Urà, tot un èxit que feia pensar que era la teoria definitiva. Tant sols unes petites pertorbacions de l'òrbita de Mercuri, un excés en la precessió del periheli de 43'' d'arc per segle, no trobaven explicació amb la teoria de Newton, el mateix Le Verrier es va aventurar amb la hipòtesi de l'existència d'un planeta més intern, Vulcà, que resultà inexistent.

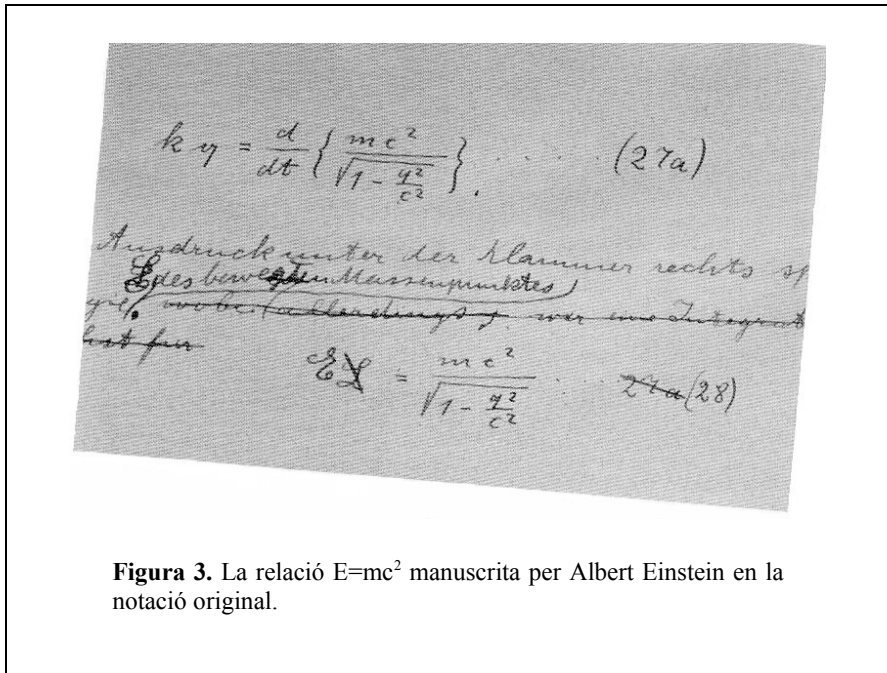


**Figura 2.** Albert Einstein quan treballava a l'oficina de patents de Berna, època en què va crear la teoria especial de relativitat.

Mentrestant, al llarg del segle XIX s'anava creant la teoria que explicava els fenòmens elèctrics i magnètics i va arribar a la seva plenitud amb James Clerk Maxwell (1831-1879) aconseguint, com feia la gravitació de Newton, explicar totes les observacions i fer prediccions en el camp del electromagnetisme, així va predir l'existència de les ones electromagnètiques que des de llavors han passat de desconegudes a imprescindibles, al mateix temps que el descobriment d'aquestes ones es feia la predicció de quina seria la seva velocitat deduint-ne així que la llum també era radiació electromagnètica, però aquest descobriment plantejava la qüestió: respecte de

què la velocitat de la llum és la predita en la teoria de Maxwell? No tenir una resposta satisfactòria en aquesta pregunta obria diverses possibilitats, o bé la teoria de Maxwell era errònia i s'havia de modificar o bé era correcta i d'acord amb el principi de relativitat clàssic podríem saber si ens movem tant sols mesurant la velocitat de la llum; cap de les dues possibilitats obtingué l'imprescindible recolzament experimental, els resultats experimentals anaven en un altre camí.

L'experiència que no tenia cabuda en l'espai i el temps absoluts clàssics era el fet predit teòricament per James Clerk Maxwell de què la llum es propaga a la mateixa velocitat independent de les velocitats de la font de llum i del observador que la mesura, predicció feta l'any 1862 i comprovada experimentalment per primera vegada l'any 1887 per Michelson i Morley. De fet la comprovació era un intent de determinar la velocitat de la Terra respecte del medi en el qual la llum té la velocitat predita per la teoria de Maxwell. Per donar cabuda en aquests resultats negatius s'havia de modificar els conceptes d'espai i de temps i així ho va fer Albert Einstein al juny de 1905 establint com a principi el fet que no podem determinar de forma absoluta el nostre moviment, o dit d'una altre manera les lleis de la física són les mateixes per a tots i en particular ho serà la velocitat de la llum. L'assumpció d'aquesta



**Figura 3.** La relació  $E=mc^2$  manuscrita per Albert Einstein en la notació original.

afirmació ens du a què el temps transcorre més lentament pel que es mou respecte de nosaltres i les dimensions de l'espai que mesura el qui es mou s'escurcen en la direcció del moviment, en definitiva, espai i temps no són

realitats absolutes sinó relatives a qui les observa. Era qüestió de mesos refer les lleis de la mecànica basant-se en aquests nous conceptes i així al mes de setembre d'aquell mateix any Einstein va deduir la relació entre massa i energia,  $E=mc^2$  on  $c$  és la velocitat de la llum al buit, ni ell mateix en un primer moment en va preveure l'abast pràctic però ara ja l'hem comprovada en ambdós sentits, transformant energia en massa i massa en energia (Fig. 3).

Amb tot això es canviaven els fonaments de la Llei de Gravitació Universal de Newton, la seva obra mestre, i ara s'havia de crear una nova teoria de gravitació compatible amb la relativitat recentment nascuda, segons Einstein el que s'havia fet era un joc de nins comparat amb aquesta nova tasca, de fet s'hi va dedicar els deu anys següents fins que al desembre del 1915 va acabar de formular la teoria general de la relativitat que és la teoria de gravitació actual, en aquesta ja no hi ha una força entre les masses, aquestes es mouen per un espai-temps corbat degut a la presència de les masses. Aquesta nova teoria com havia fet la de Newton explicava totes les observacions, també l'excés en la precessió del periheli de Mercuri de  $43''$  d'arc per segle, i feia prediccions que encara ara no hem de comprovar en la seva totalitat. Una de les prediccions era la desviació de la llum al passar prop del Sol que es va poder comprovar durant l'eclipsi de Sol del 29 de maig de 1919; quan es feren públics els resultats tota la societat se'n va fer ressò i Albert Einstein es va fer mundialment famós (Fig. 4). Per entendre aquest fet hem de tenir present la importància del llegat de Newton que s'acabava de refutar.



**Figura 4.** Albert Einstein durant la seva visita a Barcelona, l'any 1923.



**Figura 5.** Vista aèria de les instal·lacions a Livingston (Louisiana) que alberguen l'interferòmetre per a la detecció d'ones gravitatòries, cada un dels braços és de 4 km de longitud.

Una de les prediccions de la teoria general de relativitat és que les perturbacions de l'espai-temps generades per les masses es propaguen en forma d'ones, predicció similar a la feta per Maxwell de les ones electromagnètiques. De les ones gravitatòries tan sols en teníem evidències indirectes fins que el 14 de setembre del 2015 es varen detectar directament, cent anys després que Einstein en fes la predicció. Perquè ens fem una idea del que significa detectar aquestes ones directament, les deformacions que produeix el seu pas són variacions de longitud de la grandària d'un àtom d'hidrogen comparada amb l'òrbita de Saturn, tot un èxit per a la tecnologia actual. Els primers observatoris són interferòmetres de braços quilomètrics, n'hi ha dos a Europa i tres a Estats Units, que amb la detecció d'ones gravitatòries ens obrin una nova finestra a l'Univers (Fig. 5).



# Jane Goodall: vida e implicación en el mundo de la primatología

Lidia Cabeza

---

Cabeza, L. (2016). Jane Goodall: vida e implicación en el mundo de la primatología. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Ideas que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Bale ars, 22; 261-275. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

*Disponible on-line a [shnb.org/SHN\\_monografies](http://shnb.org/SHN_monografies)*

**Resumen:** Jane Goodall, nacida en Londres, viajó a Kenya a los 23 años y trabajó con Louis Leakey hasta que éste, en 1960, la envió a Gombe, Tanzania, para llevar a cabo su novedoso proyecto: estudiar a los chimpancés en su hábitat natural. Los resultados de sus investigaciones de campo revolucionaron a la comunidad científica en todo el mundo y su difusión se vio facilitada por la *National Geographic Society*. Reveló, entre otras, la existencia de conducta instrumental en chimpancés, su amplio repertorio comunicativo, su estructura social, sus métodos de caza, las guerras intergrupales, su canibalismo y sus métodos de crianza. Su trabajo, continuado por el Instituto Jane Goodall, constituye una de las investigaciones de campo más extensas en cuanto a fauna en libertad. Su trabajo ha sido fundamental para la difusión del saber sobre los chimpancés, así como para su protección y la de los ecosistemas en los que estos viven. Se la considera una de las mujeres científicas de mayor impacto del siglo XX.

## UNA JOVEN JANE GOODALL

La ciencia ilumina, y seguirá alumbrando, grandes personalidades cuya labor permite ampliar nuestro conocimiento sobre el mundo natural, así como afrontar nuevos retos y dar respuestas a sus incógnitas.

El pensamiento científico requiere de varios ingredientes, de entre los cuales destacan una curiosidad casi infinita y un sentido crítico acompañado de una gran desconfianza ante las verdades absolutas. Jane Goodall, famosa primatóloga y activista en defensa del mundo animal, en particular, y natural, en general, es un ejemplo claro de cómo la ciencia, y el pensamiento científico, permite a las personas más humildes llevar a cabo grandes proezas.

Jane Goodall nació en Londres en 1934, en el seno de una familia humilde y cristiana, aunque no especialmente devota. A sus cinco años de edad y por decisión de su padre, Mortimer Goodall, se desplazó junto a su familia a Francia, donde pretendían llevar una vida tranquila. Desafortunadamente, a los pocos meses de su llegada a tierras francesas, las tropas de Hitler invadieron Checoslovaquia y Europa se vio arrastrada a la Segunda Guerra Mundial, motivo por el cual decidieron regresar a Londres. Antes de su partida a Francia, la familia de Jane vendió todas sus posesiones, así que durante la guerra se alojaron en *Los Abedules*, la residencia de su abuela paterna, en la costa sur de Inglaterra.

Jane pasó su infancia y su adolescencia en *Los Abedules*, y fue allí mismo donde emprendió su contacto con la naturaleza. En la residencia de los Goodall, una casa de campo, todos participaban en el cuidado y la sustentación de los animales, actividad que acabó convirtiéndose para Jane en una fascinación. Dedicaba tardes y mañanas enteras a observarlos, explorando e indagando, dando rienda suelta a su curiosidad y dejándose llevar por la inercia de la vida en sí misma. La madre de Jane, Vanne, quizás la figura de mayor importancia en su vida, siempre estimuló y premió el amor de Jane hacia los animales y todos los integrantes, vivos o no, de la naturaleza, fomentando su respeto por ella. De este modo, apoyada por su madre y por el resto de la familia, Jane creció sana y fuerte, empática y fiel a sus principios.

El mes de mayo de 1945 acabó la Guerra y Jane era ya una jovencita de once años. Hasta entonces había vivido en una atmósfera apacible, de afectuoso calor familiar, sin prejuicios ni dolor. Como el resto de familias de Europa, tras acabar la Guerra dejaron de permanecer aislados del horror y la barbarie nazi. Poco a poco fueron llegando noticias sobre los campos de concentración y la actividad antisemita desencadenada durante los años anteriores. Las imágenes turbaron profundamente a Jane, tanto, que a día de hoy, a sus casi ochenta años, sigue sintiendo un impulso incontenible por entender qué pasó realmente, y compra por ello todo libro que encuentra sobre esta temática.

Fue así como Jane empezó a devorar libros, tanto en el colegio como en casa, aficionándose especialmente por los relacionados con la naturaleza y el

mundo salvaje. A sus trece años ya sabía que su sueño era viajar y conocer nuevos lugares en los que poder aprender más sobre fauna salvaje. Paralelamente al crecimiento de su interés por la naturaleza, arraigó fuertemente en ella su fe cristiana y a los dieciséis años, Jane era un joven devota, enamorada de su párroco y casi obsesionada con las torturas que padecieron Jesús y los mártires. Su obsesión radicaba en la emergente duda de si ella sería capaz de morir por sus ideales, lo que se preguntaba una y otra vez.

Al acabar el instituto, y dado que no podía optar a una beca ni costearse la entrada a la universidad, Jane se mudó a Londres donde inició su formación en administración. Obtuvo con éxito su título en secretariado y se introdujo en el mundo laboral. Estuvo trabajando, en Oxford, seleccionando música para documentales, lo que no hizo más que avivar su interés por la vida salvaje y la naturaleza más allá del territorio europeo. Fue en aquella época, un miércoles por la mañana, el 18 de diciembre de 1956, cuando el mundo de Jane da un vuelco y toda su rutina inicia un cambio que se prolonga hasta día de hoy. Jane recibió esa mañana una carta de Clo, su mejor amiga del colegio, explicándole que sus padres acababan de comprar una granja en Kenya e invitándola a pasar unas vacaciones con ellos. Le costó muy poco ser consciente de que podía alcanzar su sueño, viajar a África y conocer el mundo salvaje que tanto anhelaba, por lo que no dudó en dejar su trabajo en Londres y regresar a *Los Abedules*, lo que le permitió ahorrarse el dinero del alquiler. Trabajó como camarera y periódicamente Vanne le ayudaba a contar el dinero que tenía ahorrado. Y fue así como en cinco meses consiguió comprarse el billete de barco a Kenya. Estaba a punto de alcanzar su sueño.

## EL VIAJE DE JANE

Con solo 23 años, aún algo inmadura e inocente, Jane se embarcó en el Kenya Castle, un transatlántico de pasajeros, en el que bordeó toda la costa occidental de África, superando el Cabo de Buena Esperanza y remontando hasta Mombasa, el principal puerto de África oriental. El viaje duró tres semanas, tres semanas intensas en la que conoció e intimó con otros jóvenes. Una vez pies en tierra, se desplazó en tren hasta la capital keniana, Nairobi, donde la esperaban Clo y sus padres. Pasó con ellos unas divertidas e intensas semanas, durante las que avistó por primera vez los grandes herbívoros africanos, así como el turbio clima xenófobo que se respiraba a consecuencia de la revuelta de los Mau Mau.

Al acabar sus vacaciones se desplazó a Nairobi para trabajar, ya que como bien le habían inculcado desde pequeña, «*quién algo quiere, algo le cuesta*», y necesitaba costearse por sí misma su estancia allí. Y así empezó, gracias a los convenidos contactos, en un puesto como secretaria del director de una sucursal británica en la misma capital.

Jane se encontraba a gusto en su trabajo en ese exótico país, pero se veía limitada, en cierto modo, para alcanzar su sueño. Durante una cena, entre unos y otros comentarios, reveló cuál era en realidad su sueño, a lo que alguien añadió: «¡Eh! Jane, si lo que realmente te interesa son los animales, deberías conocer a Louis Leakey». Louis Leakey era el famoso paleontólogo y antropólogo que dedicaba todos sus esfuerzos a arrojar luz al linaje humano, y estaba allí, en Kenia. Fue él mismo quien descubrió el primer cráneo de australopiteco y quien asentaría, durante los sucesivos años, las bases antropológicas que hoy en día están ampliamente aceptadas por la comunidad científica. Ese único comentario fue suficiente para que Jane se ofuscara en la obtención de una cita con el famoso antropólogo y poco después, su perseverancia se vio recompensada.

Se conocieron en el Museo de Coryndon y tal como ella misma describe, el *feeling* entre ambos fue absoluto, tanto, que acabó convirtiéndose en su secretaria personal y él, de forma paralela, en su mentor y máxima influencia.

Llevarían ya aproximadamente un año trabajando juntos, cuando Louis invitó a Jane a visitar la garganta de Olduvai, en Tanzania, popular destino turístico a día de hoy, pero que por aquel entonces era un lugar poco conocido y de muy difícil acceso. Por supuesto, Jane aceptó entusiasmada.

Una vez en Olduvai se dedicaron a la excavación en busca de fósiles y de este modo, y bajo la atenta supervisión de su mentor, Jane pudo aprender y plantearse muchas preguntas sobre la evolución del linaje humano, así como sobre otras cuestiones de carácter ético, como la aparición de la moralidad, la compatibilidad de la ciencia y la religión, y el destino, si este existe, de la especie humana.

En un momento dado, de entre las innumerables horas que pasaban discutiendo sobre las anteriores cuestiones, Louis le habló a Jane sobre su gran interés por los grandes simios africanos, es decir, sobre chimpancés, bonobos y gorilas. Leakey se sentía muy atraído por las incógnitas sobre el comportamiento de nuestros antepasados y, dado que el comportamiento no es un elemento susceptible de ser fosilizado, entendía como única vía alternativa para su comprensión, el estudio del comportamiento de los grandes simios en su hábitat natural. De este modo el famoso antropólogo asumía que ambos, grandes simios y antepasados humanos, compartían rasgos etológicos.

Así inició Jane su conocimiento sobre la vida de los chimpancés (*Pan troglodytes*). Supo por Louis que los chimpancés se extendían por la selva ecuatorial, desde la costa occidental hasta el este de Uganda y Tanzania, y que existía una región cercana, al suroeste de Olduvai, Kigoma, donde sería posible el estudio de éstos en su propio hábitat. Ese era su proyecto en mente y no podía dejar de hablar sobre él, estaba entusiasmado. Y tanto le habló de él que un día Jane acabó ofreciéndose voluntaria para llevarlo a cabo. Fue entonces cuando Louis le confesó que ese ofrecimiento era exactamente lo que estaba esperando ansiosamente, ya que la consideraba la persona idónea. Para la joven Jane fue todo una gran sorpresa: ella, que no tenía estudios

universitarios ni experiencia de campo, era la persona idónea. Para Louis Leakey las acreditaciones académicas no eran determinantes, sólo quería a una persona entregada y que no estuviese influenciada por los cánones científicos del momento, es decir, una hoja en blanco. Jane Goodall era perfecta y como no, aceptó.

El próximo paso era la obtención de los permisos y la financiación para llevar a cabo el proyecto, y de eso debía encargarse Louis Leakey como científico afianzado. Mientras tanto Jane regresó a Inglaterra y aprovechó para leer todo lo que se sabía sobre los chimpancés en libertad, que era prácticamente nada: escasas recogidas de datos y anotaciones poco extensas previas a matanzas de comunidades enteras de estos animales. También leyó sobre su comportamiento en cautividad y visitó los ejemplares del Zoológico de Londres. La visión que encontró fue atroz: ejemplares psicóticos y apáticos, encerrados en jaulas de hierro y cemento. Ante ellos juró volver y ayudarles en cuanto tuviese la oportunidad.

Todo fue viento en popa pero, para que una joven londinense pudiese asentarse en un campamento en plena África, se le impuso que fuese acompañada. Jane, a la que se le permitió elegir la compañía, embarcó a su madre, Vanne, en su aventura. Y así, el 16 de julio de 1960, ambas de dirigieron a Gombe, conscientes o no, de que por aquel entonces nadie apostaba nada por su éxito.

## **GOMBE**

La vida en el campamento de Gombe era para Jane una explosión constante de sensaciones y nada más llegar, se vio absorbida por la belleza de la naturaleza. Explorar era básicamente toda su actividad diaria y muy poco a poco empezó a avistar chimpancés. Los animales huían apresuradamente de ella, la extraña, la amenaza, pero la frustración nunca fue superior a la paciencia y entusiasmo de Jane, así que día tras día aguardaba su aparición (Fig. 1).

Jane nunca podría haber imaginado que sería una enfermedad, la malaria, la que dictaminaría un gran avance en su investigación. Seis semanas después de su llegada, ambas enfermaron y Vanne estuvo a punto de morir, pero afortunadamente superaron las fiebres. Sin estar completamente recuperada Jane quiso retomar su estudio, pero dado que no se atrevía aún a adentrarse en la selva, decidió encaramarse a lo que ella misma llamaría la Cima, un lugar desde donde podía ver tanto el campamento como el valle de Kasakela, donde vivían los chimpancés. Y fue desde allí donde tuvo la oportunidad de observarlos a diario con sus prismáticos, para lo cual se levantaba a las 5.30h. de la mañana. Cuando bajaba de la Cima solía indagar en los restos de comida de los animales, pero acercarse a ellos a menos de cien metros le costaría un año.



**Figura 1.** La Dra. Jane Goodall. © the Jane Goodall Institute / Chase Pickering.

El primer punto de inflexión en el estudio de Jane se dio con su primera anotación de gran relevancia, un día en el que estaba sentada debajo de un árbol y a unos 40 metros de ella se encontraba David Barbagrís, un macho adulto del grupo poco aprensivo, sentado sobre un termitero. David Barbagrís, tal como registró Jane, estaba pescando termitas mediante ramas que previamente modificaba, es decir, estaba llevando a cabo una conducta instrumental clara. Por aquel entonces, la capacidad de fabricar y utilizar herramientas era únicamente atribuible al ser humano, pero la joven londinense acababa de fotografiar y de ver con sus propios ojos, que los chimpancés también eran capaces de hacerlo. Confundida o entusiasmada, Jane Goodall se apresuró en hacerle llegar a Louis Leakey un telegrama informándole de su descubrimiento, y su respuesta es ahora ampliamente conocida por el mundo científico: «¡Ah! Ahora tendremos que redefinir al hombre, redefinir las herramientas o aceptar que los chimpancés son humanos».

Por aquel entonces Jane probablemente no podía imaginar que acababa de abrir la caja de Pandora, y que su descubrimiento revalorizaba de forma notable su estudio. Éste, de hecho, fue el motivo por el que la *National*

*Geographic Society* decidió respaldarlo económicamente. Aislada del resto del mundo, Jane no supo hasta mucho más tarde, sobre la conmoción que sus revelaciones habían causado tanto en la comunidad científica como en el ámbito teológico, atendiendo básicamente a la nueva proximidad atribuida a los chimpancés respecto a los humanos.

Indagando un poco más acerca del descubrimiento de Jane, la conducta instrumental no sólo suponía el uso de herramientas en sí por parte de los chimpancés, sino que abarcaba la existencia de intencionalidad en el mundo animal: los chimpancés escogían las ramas que modificarían y utilizarían con un objetivo concreto, es decir, de una forma u otra, tenían conocimiento del concepto de futuro. Si a esto se le añade que se conoce que los chimpancés aprenden a fabricar herramientas unos de otros, memorizando y recordando los pasos, del mismo modo y de una forma u otra, tienen conocimiento del concepto de pasado. Por tanto puede decirse que era un descubrimiento de trasfondo abismal.

Los avistamientos de conducta instrumental en los chimpancés de Gombe fueron desde entonces periódicos, y se descubrió un variado repertorio. Vieron, por ejemplo, como utilizaban hojas para la obtención de agua. Algunos años después se descubrirían otros tipos de conductas instrumentales en otras poblaciones de chimpancés, como la de cascar nueces con piedras a modo de yunques y martillos, que exhiben los chimpancés occidentales.

## **EL TRABAJO DE JANE**

La forma de trabajar de Jane, por aquel entonces, era como poco, un tanto controvertida. Reconocía a los chimpancés del grupo de estudio por nombres, que ella misma les asignaba, y no por números como indicaban los cánones etológicos de la época. Describía, además, sus personalidades y emociones a partir de las características propias humanas, saboteando así las normas dictadas por los especialistas contemporáneos. Pero, ¿cómo iba a hacerlo sino? Cuando supo lo que dictaban dichos cánones creyó que eran una sandez y simplemente los obvió.

Con los días, y las semanas, Jane acabó siendo aceptada por los chimpancés del grupo, a los que ella había llamado David Barbagrís, Mr. McGregor, Flo, Olly, Gilka, Fifi, Faben, Figan, Goliat, entre otros. De entre las muchas cosas que pudo observar, era su amplio repertorio comunicativo, tanto verbal como no verbal, lo que más le sorprendía. Pudo observar como los chimpancés se besaban, se abrazaban, se cogían de la mano, se daban palmaditas en la espalda o fuertes golpes, daban volteretas y patadas, se hacían cosquillas entre ellos... Sin embargo, lo más sorprendente de todo, es que tales conductas aparecían en los mismos contextos que en la especie humana (Fig. 2). Jane demostró, por ejemplo, que los besos y abrazos, así como el contacto general entre individuos, era más intenso así como más cercano era el

vínculo afectivo y/o familiar entre ellos, tal como pasa en la especie humana. Identificó, asimismo, un gran repertorio de expresiones faciales, como por ejemplo la de “hacer morritos”, relacionada con el juego, o en la que se exhiben los caninos, expresión de amenaza.

Entre sus anotaciones, Jane describe que aunque los chimpancés eran capaces de guardarse rencor durante semanas, no solían dejar que los conflictos se alargasen y que el sujeto de menor rango (los grupos de chimpancés están estructurados jerárquicamente), acababa acercándose sumiso al de rango superior, ofreciéndole su mano con el brazo extendido a modo de disculpa. Habitualmente el agredido aceptaba las disculpas y tras un leve contacto con la mano ofrecida, solía iniciarse una sesión de *grooming* o acicalamiento entre ambos sujetos.



**Figura 2.** La Dra. Jane Goodall con el chimpancé Freud. © Michael Neugebauer.

En sus libros, así como en sus apariciones públicas, Jane explica que uno de los días más importantes para ella en Gombe fue el día en el que supo que había sido aceptada por el grupo. Fue un día en el que estaba, como de costumbre, sentada en medio de la selva admirando la naturaleza a su alrededor. David Barbagrís estaba comiendo en una higuera, varios metros por encima de su cabeza. De repente empezaron a caer higos y ramas y cuando se dio cuenta tenía a David Barbagrís sentado a escaso metro y medio de ella. Con toda naturalidad el chimpancé empezó a acicalarse y dada la tranquilidad que le inspiraba, a Jane se le ocurrió ofrecerle amistosamente un higo. Para su



sorpresa y regocijo, David Barbagrís no dudó en coger el higo, pero no se lo llevó a la boca, sino que lo dejó caer para acariciar la mano de Jane.

## EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE GOMBE

Entre 1964 y 1974 Jane se doctoró en la Universidad de Cambridge y fue contratada por la Universidad de Stanford como profesora adjunta de biología humana, un trimestre al año. En esa década además, Jane se casó con Hugo van Lewick, el fotógrafo encargado del proyecto de los chimpancés en Gombe de la *National Geographic Society*, y tuvo a su hijo. La pareja se divorciaría a final de la misma década, pero antes crearon un centro de investigación allí mismo, en Gombe, y con la ayuda de la *National Geographic Society* empezaron a contratar estudiantes para que les ayudasen en la recogida de datos. De este modo nació uno de los centros de investigación interdisciplinarios de campo más dinámicos del mundo en cuanto a comportamiento animal se refiere.

A nivel emocional, el regreso al mundo occidental había sido un duro golpe para Jane. Se veía moleestamente abrumada por el materialismo y el consumismo irrefrenable de EE.UU. y Europa, y eso mismo fue lo que la impulsó a involucrarse más seriamente en contra del abuso medioambiental de las actividades humanas.

Fue una época de incesantes viajes y cuando regresaba a Gombe, Jane ya no trabajaba directamente en el campo, sino que se dedicaba a la administración del centro de investigación. Delegar la tarea de la recogida de datos a los jóvenes etólogos fue una decisión que ella misma tomó, impulsada por la necesidad de proteger a su hijo, Grub, del que no se quería separar en ningún momento. Jane había aprendido que, aunque los chimpancés son mayormente herbívoros, también cazan otras especies de primates, por lo que un bebé humano suponía una presa fácil. Otro de los motivos por lo que Jane no quería separarse de su hijo era lo que había aprendido de las madres chimpancés: las madres más cariñosas, más juguetonas y más atentas, tenían crías que a edad adulta, eran independientes y mantenían mejores relaciones con el resto del grupo, mientras las crías de las madres menos cariñosas y juguetonas, más ariscas y tensas, eran más dependientes y sus relaciones eran peores con el resto de los integrantes del grupo. Por esto mismo decidió seguir el ejemplo de las primeras para educar a su hijo, y Flo fue un gran ejemplo a seguir.

Aún así, no todo en Gombe fue tranquilo para Jane. En 1968 Ruth Davies, una de las estudiantes contratadas por el centro de investigación de Jane, se despeñó en la selva y murió. A raíz de este trágico incidente se integraron al centro de investigación, nativos conocedores de la zona, que a partir de entonces acompañaban a todos los estudiantes en sus excursiones. Estos resultaron ser potenciales investigadores, motivo por el cual se les ofreció formación y posteriormente se les incorporó al grupo investigador de

forma oficial. Este cambio tan sutil, destaca Jane en sus charlas, supuso el real inicio del apoyo al desarrollo local por su parte.

En aquella época Jane conocería al que sería el gran amor de su vida, Derek Bryceson, por aquel entonces director de los parques nacionales de Tanzania y diputado en el Parlamento de Dar es Salaam. Una noche de mayo de 1975, 40 asaltantes armados procedentes del Zaire (hoy Congo), asaltaron el campamento y secuestraron a cuatro de sus estudiantes. Requerían una gran suma de dinero para el rescate, así como cambios políticos que al final no se produjeron. Tras semanas de espera y la entrega de dinero, afortunadamente, los estudiantes fueron liberados, sin embargo, se sabe que ese dinero se destinó a la financiación del movimiento revolucionario de Laurent Kabila.

Toda esta serie de acontecimientos hicieron muy difícil la continuación de los estudios de campo, dado que la zona se consideraba desde entonces *sensible*. Simultáneamente, la idoneidad de Jane como responsable de los estudios de campo empezó a cuestionarse, y dedos acusadores la culparon de la inseguridad de sus alumnos. Ante estas acusaciones Jane se hundió momentáneamente y poco después decidió dejar de dar clases en Standford para hacer frente, *in situ*, a todos los percances que pudiesen aparecer en Gombe.

## **EL INSTITUTO JANE GOODALL: GRANDES AVANCES**

El secuestro de Gombe supuso grandes cambios, y uno de ellos fue que el centro investigador se quedó sin investigador interino y, por tanto, sin su principal fuente de financiación. Este acontecimiento conllevaría a un nuevo punto de inflexión en la carrera profesional de Jane, ya que supondría la creación del instituto sin ánimo de lucro que lleva su nombre. Fueron el Príncipe Ranieri di San Faustino y su mujer Genie, amigos de Jane, en 1976, los que le propusieron la idea a Jane con el objetivo de solventar sus problemas económicos, y la ayudaron a llevarla a cabo. Por aquel entonces Jane no podría haberse imaginado el rotundo éxito que tendría el Instituto Jane Goodall, tan conocido y activo a día de hoy.

La vuelta a la normalidad en el centro de investigación tras el secuestro fue lenta, pero las aguas volvieron a su cauce y Jane pudo retomar sus estudios. Por entonces se centró en el comportamiento agresivo de los chimpancés, motivado en gran parte por las noticias que le llegaban de Burundi sobre las masacres entre los tutsi y los hutu. ¿Tenían algo en común hombres y chimpancés en este aspecto?

La vida de los chimpancés en Gombe, observada atentamente por el equipo de Jane, fue totalmente pacífica hasta 1971, cuando por primera vez registraron un ataque brutal por parte de los machos del grupo a una hembra de un grupo vecino y su cría. Observaron como los machos atacaron ferozmente a la hembra durante cinco minutos, para robarle su cría y comérsela seguidamente, mientras ésta agonizaba antes de morir. Todo el

grupo se quedó estupefacto ante los hechos y prácticamente por unanimidad decidieron creer que había sido un incidente aislado. Poco después descubrirían que estaban equivocados.

Este tipo de despiadados ataques entre grupos de chimpancés se sucedió durante cuatro años, periodo al que se llamó *La Guerra de Secesión*, ya que se inició en el momento en el que la comunidad empezó a escindir en dos, debido al tamaño alcanzado por ésta. Los ataques eran crueles y brutales, tanto que el grupo que se había ido desplazando en dirección sur, quedó aniquilado por completo, a excepción de tres hembras y sus crías, reclutadas por los machos vencedores.

Las observaciones de Jane y su grupo fueron más allá, y para su sorpresa avistaron, atónitos, como la violencia y la agresividad de los chimpancés no sólo se daban entre grupos, sino también dentro de los mismos. En 1975 empezaron una serie de ataques caníbales perpetrados por Pasión y su hija Pom, dos hembras adultas. Repetidas veces agredieron a las otras madres del grupo para hacerse con sus crías, que descuartizaban primero y devoraban después. Entre 1974 y 1978 nacieron diez crías en el grupo, de las cuales sólo dos sobrevivieron, muriendo el resto a manos de Pasión y Pom. Para alivio de Jane y el grupo investigador, estos ataques caníbales cesaron cuando ambas hembras dieron de nuevo a luz.

Los hallazgos fueron publicados, aunque fueron muchos los que recomendaron a Jane no hacerlo. Jane argumentaba a cada uno de los oponentes, que ella no había ido a Gombe a demostrar la nobleza o maldad de los chimpancés, sino a aprender de y sobre ellos, así que no tenía un porqué de no hacerlo. Tal como le pronosticaron, sus observaciones fueron utilizadas para explicar el comportamiento violento de la especie humana, algo que debía ser innato e invariable, así como para justificar las guerras y la xenofobia, hipótesis que se verían recomfortadas en 1976 con la publicación de *El gen egoísta* de Dawkins y su determinismo genético. Jane aún así, en sus reflexiones, que más de una vez hizo públicas, no alcanzaba a equiparar la agresividad y la violencia de las guerras humanas, como actos premeditados, con los ataques de los chimpancés como desencadenamientos de sus instintos. Y ese se convirtió en su argumento para afirmar que únicamente el ser humano tiene la capacidad de la maldad en sí misma.

El trabajo del centro de investigación de Gombe estaba siendo muy productivo y sus hallazgos no se quedarían allí. Otro de sus grandes descubrimientos fue evidenciar que los chimpancés discernían entre la vida y la muerte. Jane se percató de ello al regresar a Gombe tras la muerte de Derek, su marido. Cuando las crías enfermaban, las madres chimpancé las mimaban más que nunca, y su trato era más cuidadoso y tierno. Una vez éstas morían, aunque seguían transportándolas, su trato se tornaba mucho más hosco y descuidado. Ya no acarreaban con una cría viva, sino con sus restos.

Según Jane, seguramente lo que no entienden los chimpancés es la determinación de la muerte como destino final inalterable de todo ser vivo, pero sí la diferencia entre ambos estados. Jane siempre destaca de su estancia

en Gombe, la naturalidad con la que la muerte aparece y desaparece en la selva. Y fue esa misma naturalidad la que le ayudó a superar más fácilmente la muerte de su marido.

## EL ACTIVISMO DE JANE

La conciencia medioambiental de Jane crecía a medida que avanzaba su carrera, y cada vez más, se sentía sumergida en la necesidad de ayudar en la problemática de la desaparición de especies y de sus hábitats naturales. Fue entonces cuando su actividad profesional dio un giro total e inició su carrera de difusión de sus conocimientos a favor de la conservación de la naturaleza salvaje y el medioambiente.

En 1986 publicaría el libro *The chimpanzees of Gombe*, y como celebración del éxito alcanzado por éste, se organizó un congreso en Chicago dedicado al mundo de los chimpancés. Fueron esas jornadas llenas de entusiasmo y esperanza, las que la convirtieron en una ferviente militante a favor de la conservación y con la educación como pilar fundamental. Los participantes del congreso nunca se habían sentido tan asustados por el destino de los chimpancés: en sólo cincuenta años, su población se había reducido de dos millones a ciento cincuenta mil individuos. Las principales causas eran las actividades humanas tales como, la caza comercial y *bushmeat*, la destrucción del hábitat por la tala extensiva, el mascotismo, el tráfico ilegal... y por todo ello tomaron conciencia.

A día de hoy, la carrera mediática de Jane no puede calificarse de otro modo que de intensa: visita laboratorios y gobiernos de países africanos, impulsa campañas de sensibilización a favor de los primates en cautividad, da conferencias sin descanso, concede entrevistas, sale en televisión siempre que puede, habla con grupos ecologistas y visita ministerios de medioambiente... todo sin descanso y más de 300 días al año. No suele estar más de dos o tres semanas en la misma ciudad, lo que no le permite visitar mucho a su familia, pero tal y como ella afirma, se siente muy útil.

Durante uno de sus eventos públicos en Tanzania, Jane conoció la desamparada situación de cientos de chimpancés huérfanos. Little J. era una cría de chimpancé huérfana que habían encontrado herida y cuya madre había sido asesinada con el único objetivo de hacerse con ella para venderla. El impacto de la historia impulsó a Jane a lanzarse con un nuevo y exitoso proyecto: la creación de reservas para chimpancés huérfanos. De forma paralela a éstos, se inició una lucha contra la problemática asociada al mascotismo y la caza de especies animales protegidas en sus zonas de acción.

El cuidado de chimpancés huérfanos es un trabajo costoso y caro, en términos económicos, ya que supone un mantenimiento de los animales de por vida, debido a que su reintroducción es a día de hoy, un proceso prácticamente inviable. Por este motivo, cada reserva se convirtió en el epicentro de un programa educativo sobre conservación y protección de los animales salvajes,

los cuales implicaban a los nativos con tal de fomentar la economía local. De hecho, las reservas de Kenya y Uganda han alcanzado el nivel de autosostenibilidad.

Rebeca Atencia es la directora del centro de rehabilitación de chimpancés en Tchimpounga, el santuario más grande de África. Esta reserva tenía inicialmente, una extensión de 73 km<sup>2</sup> y ahora ya alcanza los 523 km<sup>2</sup>, y aloja a más de 150 chimpancés.

Otro de los campos en los que Jane invierte más tiempo y esfuerzo, es el de la investigación biomédica. Jane se ha dedicado a visitar laboratorios en los que se utilizan chimpancés como sujetos experimentales, con la finalidad de evaluar las condiciones en las que los retienen e intentar mejorarlas. Es un campo controvertido y de difícil actuación, pero la gran arma de Jane es su persuasión, su paciencia y su poder de convocatoria.

El Instituto Jane Goodall participa de forma activa en distintos proyectos, de entre los cuales cabe destacar:

- Campaña HACIA LA SELVA: El objetivo de este programa es optimizar el bienestar de los chimpancés huérfanos y para ello dedican sus esfuerzos en su transferencia a nuevas zonas dentro de la selva.
- PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DEL CHIMPANCÉ DE ÁFRICA DEL OESTE EN SENEGAL Y GUINEA Y GESTIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS AGROFORESTALES Y TURÍSTICOS 2009-2016: La población de chimpancés en Senegal se ha reducido a entre 200 y 500 individuos, por ello en 2010 se creó la reserva natural de Dindéfelo y su plan de gestión. Se crearon de forma paralela, instalaciones de observación y paneles de interpretación de la naturaleza, y desde entonces se llevan a cabo censos faunísticos.
- Campaña MOVILÍZATE POR LA SELVA: La explotación del coltan en la República Democrática del Congo es una actividad que desde hace décadas repercute directamente sobre las poblaciones de primates de la zona. En el acceso a los yacimientos de coltan, se aniquilan familias enteras de chimpancés y gorilas, además de otras especies protegidas de la zona. El destino de esta aleación mineral es, mayormente, la producción de alta tecnología en EE.UU. y Europa, en su mayoría telefonía móvil. Esta campaña tiene como objetivo la concienciación sobre la problemática asociada a la exportación del coltan, a la vez que fomentar el reciclaje de dicho material, para lo cual se ha creado una plataforma de recogida de terminales en desuso.
- Programa CHIMPAMIGOS: Este programa permite la recogida de donaciones para la financiación de los costes veterinarios de más de 150 chimpancés rescatados en África. Del mismo modo sirve como

plataforma de adopción *online* de las crías de chimpancés rescatadas.

- Programa ECOVIAJEROS: Es un programa dedicado a misiones de formación, recogida de datos, trabajo directo y/o aprendizaje enfocadas al ecoturismo en África.
- Programa ECOINVESTIGADORES: Es un programa dedicado a la puesta en marcha de proyectos de investigación, lanzados de forma periódica, los cuales se enfocan siempre a la conservación faunística.
- Programa MUNDOESCUELA.NET: Es un programa de sensibilización sobre diversidad cultural.

La dedicación, valor y constancia de Jane se ve recompensada con cada pequeño avance en cada uno de sus proyectos, pero además, su incesante actuación mediática la ha convertido en un icono a seguir, sobre todo por jóvenes de todo el mundo, y la colman de premios y reconocimientos.

En 2003 Jane recibió el Premio Príncipe de Asturias de Investigación, es Embajadora por la paz de las Naciones Unidas y Dama del Imperio británico.

Cuando a Jane se le pregunta, ya sea en sus conferencias, entrevistas o en cualquier otra de sus apariciones públicas, si aún hay esperanza para la selva, los animales y para nosotros mismos, Jane siempre responde con un rotundo sí, y se apoya en:

- El cerebro humano: la humanidad está empezando a comprender los problemas y a afrontarlos. La responsabilidad y el compromiso medioambiental es cada día mayor.
- La plasticidad de la naturaleza: la naturaleza, con tiempo y ayuda, es capaz de recuperarse de los más devastadores desastres.
- La energía y entusiasmo de los jóvenes: la implicación de los jóvenes es crucial para cambiar el mundo, por lo que Jane dedica mucho esfuerzo a otro de sus programas, *Roots & Shoots* (Fig. 3), que destaca la importancia y el valor de cada persona de forma individual. En este programa los grupos intervienen en actividades de atención e interés por el medioambiente, actividades enfocadas a los animales y actividades enfocadas a la comunidad local. Desde abril de 1999 existen unos 2000 grupos en más de 40 países.
- El espíritu humano: existen personas, como Jane, capaz de darlo todo por proteger el mundo y a sus integrantes.

Jane Goodall ha conseguido que sus apariciones públicas sean esperadas de forma impaciente en todo el mundo. Sus palabras y confesiones suelen ser tan conmovedoras, que es común que sus espectadores acaben llorando de emoción.



**Figura 3.** La Dra. Jane Goodall y miembros de *Jane Goodall's Roots & Shoots* plantan árboles en Singapur. © Chris Dickinson.

Jane Goodall es un ejemplo a seguir dentro del mundo de la primatología en particular, y de la ciencia en general, y sus esfuerzos seguirán, tal como ella dice, «*hasta que el cuerpo aguante*».

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Goodall, J. (1999). *Reason for Hope. A spiritual Journey*. Soko Publications Ltd. y Phillip Berman. Inc. New York.

Goodall, J. (2007). *Harvest for Hope*. Random House Mondadori S.A. Barcelona, España.

Página web oficial del Instituto Jane Goodall: [www.janegoodall.es](http://www.janegoodall.es).

Página web oficial de la National Geographic Society:  
[www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es).





## PROGRAMA DEL CICLE DE CONFERÈNCIES

- 8 de març de 2012. **Jane Goodall**  
*Lidia Cabeza*
- 15 de març de 2012. **Lavoisier: la revolució química francesa**  
*Antoni Salvà*
- 19 d'abril de 2012. **Charles Darwin i l'origen de les espècies**  
*Dr. Guillem X. Pons*
- 26 d'abril de 2012. **Santiago Ramón y Cajal, impulsor de la neurociència moderna**  
*Dr. Gabriel Timoner*
- 30 d'abril de 2012. **Steno i el seu temps: una visió dels inicis de la geologia**  
*Damià Crespí*
- 3 de maig de 2012. **Carl von Linné i la classificació dels éssers vius**  
*Dr. Damià Vicens*
- 17 de maig de 2012. **Eratòstenes, el pare de la geografia**  
*Guillem Vicens*
- 24 de maig de 2012. **Albert Einstein**  
*Dr. Joan Stela*
- 31 de maig de 2012. **Galileu Galilei: el naixement de la ciència moderna**  
*Dra. Victòria Rosselló*
- 7 de juny de 2012. **Ramon Llull i la ciència: un instrument per conèixer Déu**  
*Dra. Maribel Ripoll*
- 26 de novembre de 2013. **Sant Tomàs: la fe que no renuncia a la raó**  
*Dr. Gabriel Seguí*
- 12 de desembre de 2013. **Protogaea: la geologia de Leibniz**  
*Damià Crespí*

- 7 de febrer de 2014. **Mendeléiev, la revolució química russa**  
*Antoni Salvà*
- 20 de febrer de 2014. **Una aventura per a la ciència: François  
Aragó i el triangle 17**  
*Joan Bauzà i Dr. Joan Stela*
- 25 de març de 2014. **Aristòtil i l'estudi dels éssers vius. Ontologia i  
història natural**  
*Dr. Miquel Ripoll*



*Idees que van canviar el món*  
*Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 22*  
*2016*



Universitat de les  
Illes Balears

