



# 1. Els sistemes de coneixement de la natura (I)

## El pensament biològic de l'Antiguitat



1. El concepte de natura
2. Cosmovisions mítiques i naturalistes
3. Del mite al *logos*?
4. La filosofia de la natura
5. El vessant biològic d'Aristòtil
6. La medicina hipocràtica
7. L'obra de Galè de Pèrgam
8. Les enciclopèdies romanes i la història natural



# 1. El concepte de cultura

- El conjunt de pautes i normes, de costums i coneixements, així com d'actituds i valors socials, no determinat genèticament (no innat), que distingeixen una col·lectivitat d'una altra.
- El concepte de cultura s'oposa al de natura (*culture versus nature*).
- La cultura seria l'estratègia d'una col·lectivitat humana encaminada a subsistir transformant el medi en benefici propi.
- Entre els requisits:
  - + capacitat de resposta intel·ligent
  - + manipulació de la natura i adaptació al medi
  - + transmissió dels patrons de conducta i dels sistemes de valors a la descendència
- cosmologies i cosmogonies (cosmovisions)

## 2. Cosmovisions mítiques i naturalistes

Dues formes principals d'interpretar la natura

- una cosmovisió mítica (empírica-creencial)
  - + pròpia de les societats prehistòriques i arcaiques
  - + caracteritzada per la sacralització de la natura (i dels seus orígens)
  - + s'interpreten els fenòmens naturals com a resultat de poders o forces sobrenaturals (divines, demoníques, d'ultratomba, etc.)

- una cosmovisió racional (naturalista)

+ En Occident, apareix fa uns 2500 anys (la Grècia clàssica).

+ Prescindeix d'elements sobrenaturals a l'hora d'interpretar els fenòmens de la natura.

+ En les formulacions clàssiques, predomina el component especulatiu.

+ Coexisteix, en la mateixa societat, amb cosmogonies mítiques i religioses.



### 3. Del mite al logos?



- El tòpic del miracle o geni grec està més i més desprestigiat.
- Pressuposa que els grecs desenvoluparen sobtadament una concepció racional de l'univers i dels éssers vius.
  - + No se sosté en l'actualitat.
  - + És radicalment dicotòmic (mite *versus* logos) i eurocèntric.
  - + Implica una transició brusca entre un món arcaic, ple de supersticions, i una cultura clàssica, caracteritzada pel triomf de la raó.
  - + Aquest clixé forma part de la legitimació del colonialisme sobre altres pobles en la mesura que es basa en la primacia de la civilització –i de la raça– europea.

- Els estudis de les últimes dècades (Geoffrey E. Lloyd) demostren:
  - + Les similituds entre molts elements presents en la cultura grega i les cultures més properes (egípcies, assiriobabilòniques, púniques, etc.).
  - + Les interaccions entre unes i altres.
  - + Les continuïtats (transicions lentes).
  
- No hi ha cap dubte, però, que a Grècia, al voltant del segle V aC, sorgiren formes de coneixement al marge del pensament màgico-creencial degudes a una confluència de raons culturals, socials, polítiques, religioses i àdhuc geogràfiques.

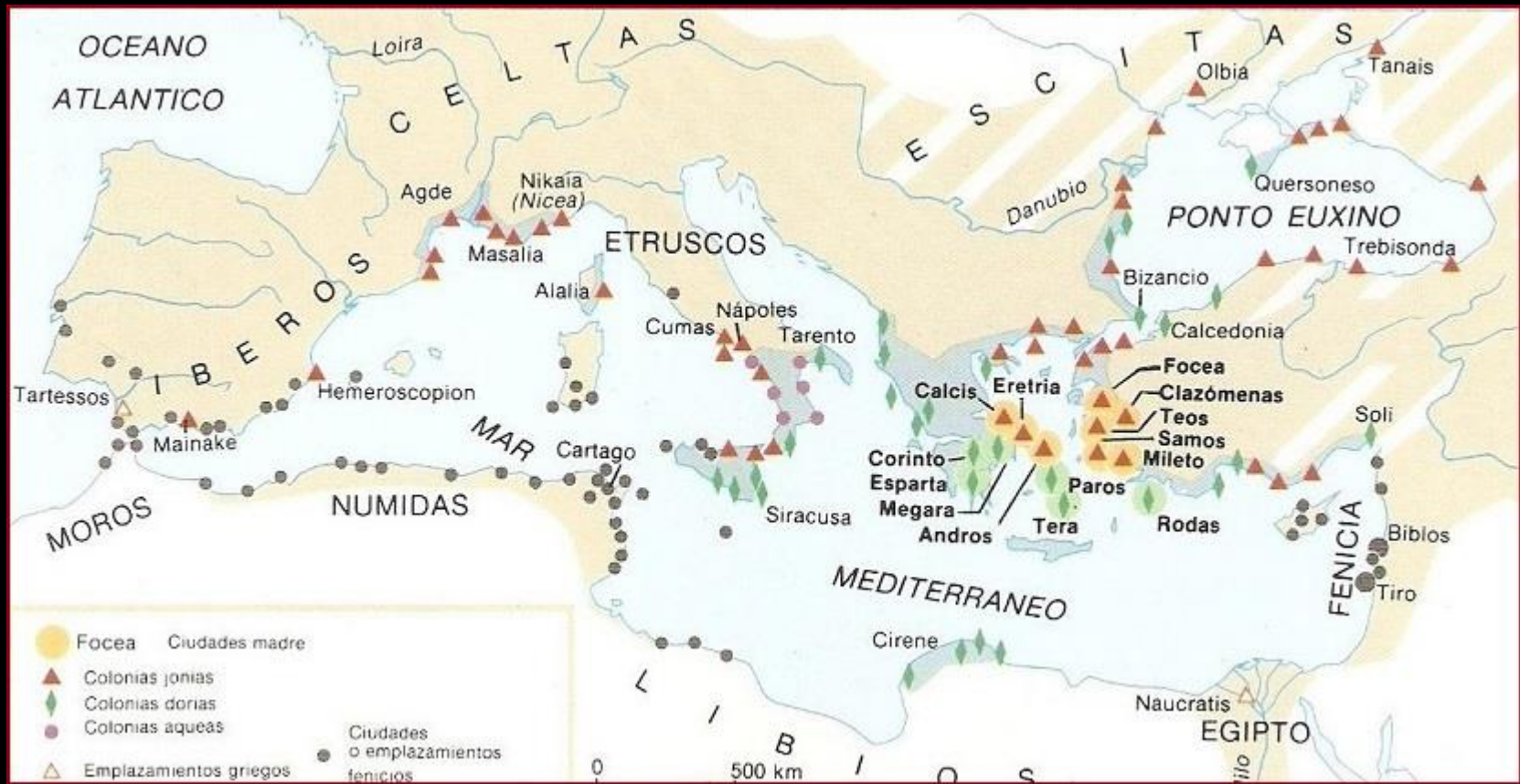
## Les polis gregues: l'art de la persuasió

- En les polis gregues (Grècia continental i insular i la Magna Grècia) prosperaven totes les formes de la dialèctica i de la polèmica basades en la lògica: l'art de la persuasió i l'argumentació per mitjà de l'ús de la discussió en públic (l'àgora).
- Les polis eren societats esclavistes dirigides per homes lliures, que es dedicaven a l'oci com a mitjà d'aconseguir la perfecció física i mental.
- No eren societats teocràtiques sotmeses a un estament sacerdotal hegemònic.

•Cal advertir la ubicació privilegiada de Grècia, en la confluència de tres continents, la qual cosa afavoria:

+ l'establiment de relacions comercials, en especial marítimes, entre les ciutats litorals de la Mediterrània (sobre tot oriental), que intercanviaven productes, incloses les cultures respectives.





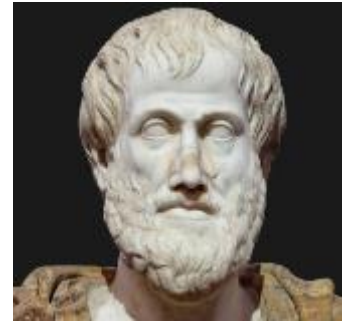
## 4. La filosofia de la natura

- La natura (*physis*) és contemplada com un enigma, que produeix admiració o sorpresa i que incita a preguntar-se per la causa dels fenòmens.
- La comprensió racional de la natura la permetria el *logos*: la *physiologia* seria l'estudi racional de la natura en totes les seues transformacions i manifestacions.
- En aquesta línia, cal assenyalar algunes de les aportacions dels filòsofs anomenats 'presocràtics' (als quals seria més acurat anomenar 'filòsofs de la natura' o *fisiòlegs*) que formularen (VI-V aC) concepcions 'naturalistes' de l'univers.
- Concepció cíclica del temps i dels fenòmens naturals (l'etern retorn).
- Concepte d'element (*arché*).

Els filòsofs presocràtics, la major part dels quals habitaven en ciutats perifèriques (la Grècia colonial), formularen interessants concepcions 'naturalistes' de l'univers:

- Tales de Milet considerava **l'aigua** com a fonament de la natura (*physis*) i l'origen del món i la vida.
- Anaximandre, autor de la primera teoria biològica en considerar la vida com l'evolució d'una substància originària i indefinida (**generació espontània**).
- Pitàgores, i amb ell l'escola pitagòrica, considerava que **la música** era l'expressió més sublim de l'harmonia del món i **els nombres** (les matemàtiques) la representació de l'univers. Vegetarianisme i respecte pels animals.
- Empèdocles (pluralista) postulava **la doctrina dels 4 elements** (terra, aigua, aire i foc) i dinàmiques d'atracció i repulsió entre ells.
- Demòcrit concebia l'univers com l'agrupació d'unitats infinitament petites (**àtoms**); a més, formulà diverses doctrines fisiològiques i patològiques. Altres atomistes: Leucip de Milet, Epicur i Lucreci (materialisme).

## 5. El vessant biològic d'Aristòtil



Aristòtil formulà en els tractats *De la generació i de la corrupció*, *Sobre les parts dels animals*, *De anima* i, sobretot, en la *Història dels animals* i altres tractats breus d'història natural (els *Parva naturalia*) alguns dels problemes fonamentals de la biologia:

- Planteja els orígens i el significat biològic d'alguns fenòmens bàsics, com ara **la calor natural**, la **respiració**, el **son**, etc.
- Dona suport a la idea de **generació espontània** (*aequivoca*) a partir de matèria en descomposició.
- Seguint el pensament d'Empèdocles (els quatre elements universals) i la doctrina de les qualitats primàries de Zenó aborda la qüestió de la **unitat elemental** de la matèria viva i explica els canvis, moviments, la generació o la destrucció de la vida.
- Postula l'existència d'una esfera supralunar formada per un únic element etern i immutable (l'**èter**).



- Elabora una **taxonomia** (ordenació) **dels animals** (l'escala de la natura); la de les plantes seria duta a terme pel seu deixeble Teofrast.
- Assenyala **les correspondències de les parts** (homòlogues i anàlogues) entre uns animals i altres; i els conceptes de parts similars i dissimilars.
- Descripció i ordenació d'unes **500 espècies** a partir de l'anàlisi morfològica.

- Aristòtil conceptualitza i **dicotomitza el gènere** (masculí/femení), establint les categories de 'home' (calent i sec) i de 'dona' (freda i humida).
- Naturalitza la inferioritat de la dona** -i l'obligació d'obediència a l'home- sobre la base de la seua escassa capacitat deliberativa.
- Justifica els rols diferenciats d'homes i dones en la polis:** exclou les dones de l'espai públic (àgora) i els assigna l'economia domèstica (*oikos*), però no l'educació dels fills.
- En la reproducció i l'embriogènesi atribueix a la llavor masculina (*principium formans*) la capacitat activa de configurar el nou ésser (epigènesi), mentre que reserva a la llavor femenina un paper estrictament passiu: la femella només aporta la matèria amorfa.

•Aristòtil estudia **les edats de la vida**, amb la joventut i la senectut, incloent-hi els motius de la longevitat.

•Defensa **la primacia biològica del cor** (víscera hemàtica) sobre la resta de les vísceres (semblant al paper del sol al cel):

+ *primum vivens, ultimum moriens*

+ El fetge i, encara més, el cervell són òrgans secundaris.



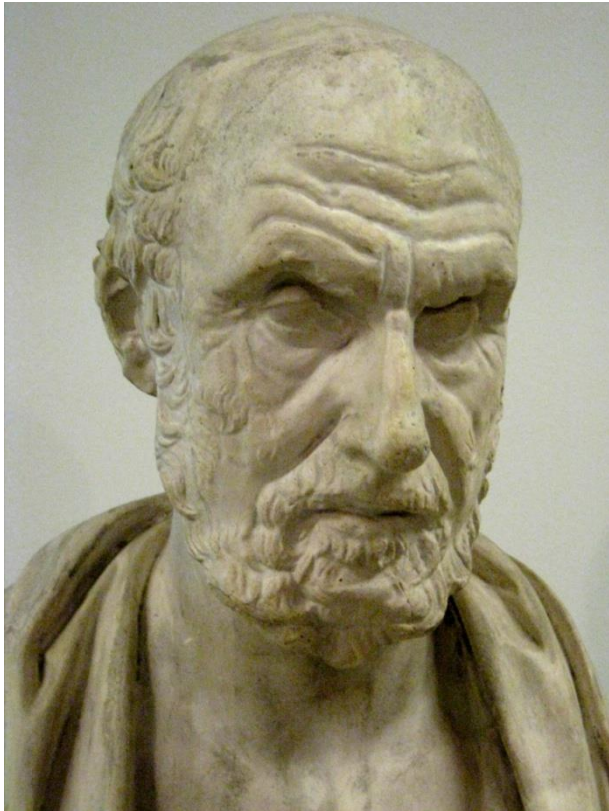
## 6. La medicina hipocràtica

Sorgiment de la **medicina clàssica grega**: Alcmeó de Crotona (s. VI aC) i les escoles hipocràtiques (segles V-III aC): la malaltia com a fenomen natural i la medicina com un art (*tekhné*) basat en la raó (*logos*).



Observacions clíniques i elaboració teòrica al voltant de la **doctrina humoral** (sang, bilis groga o còlera, flegma, bilis negra): la malaltia com discràsia / desequilibri (exemple: l'excés de sang com a causa de l'apoplexia, la mania, etc.) que el tractament ha de resoldre.



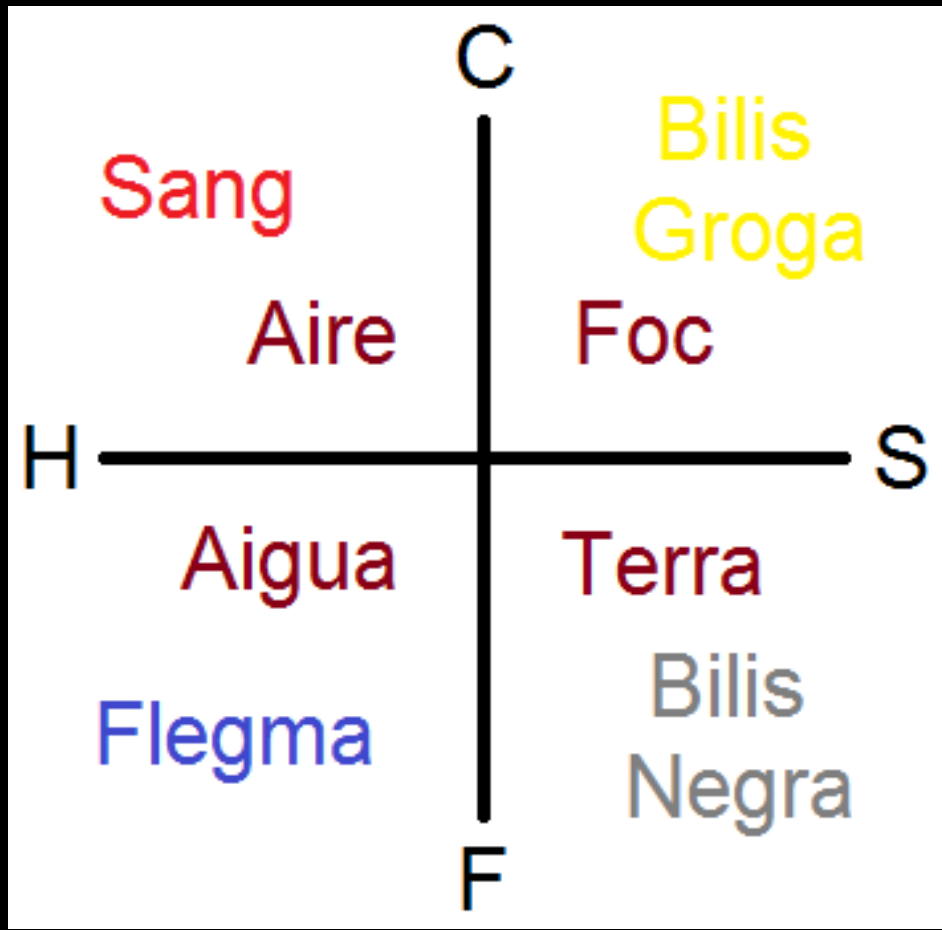


Hipòcrates de Cos (ca. 460-370 AC)

“Sobre la malaltia que anomenen sagrada en res em sembla que siga una mica més divina ni més sagrada que les altres, sinó que té la seua naturalesa pròpia, com les altres malalties, i d'aquí s'origina. Però el seu fonament i causa natural ho van considerar els homes com una cosa divina per la seua ignorància i la seua sorpresa, ja que en res s'assembla a les altres”

*(Sobre la malaltia sagrada)*

Individualisme, holisme, èmfasi en el pronòstic, ambientalisme, importància de l'equilibri i la moderació (*meson*), prudència terapèutica (*vis medicatrix naturae*) i dietètica.





## 7. L'obra de Galè de Pèrgam (130-201 dC)

- Va rebre una educació acurada en les escoles de Pèrgam, Esmirna i Alexandria, on va conèixer els principals corrents mèdics de l'Antiguitat.
- Instal·lat a Roma, fou al principi cirurgià de gladiadors i, més tard, metge de diversos emperadors (Marc Aureli, entre altres).
- Es va adscriure i reforçà la tradició hipocràtica: monisme materialista i cura de la salut (*sex res non naturales*).
- Va fer nombroses aportacions com a anatomista, clínic, patòleg, terapeuta, etc.
- Més actiu terapèuticament que les escoles hipocràtiques (*contraria contrariis curantur*).



- + Sintetitzà les aportacions de les diverses escoles mèdiques de l'Antiguitat (doctrina humoral) i escrigué en grec més de 500 textos mèdics i filosòfics (*corpus galenicum*), dels quals se'n conserva aproximadament un terç.
- + Dotà la medicina d'una coherència i d'una estructura sòlides que es mantingueren vigents a Bizanci, a l'Islam i a l'Europa medieval i renaixentista.
- + Galè i el galenisme constituïren referents indefugibles del pensament biològic posterior (fins al segle XVIII).



## 8. Les enciclopèdies romanes i la història natural

En l'Imperi Romà (segle I dC), apareixen grans compilacions del saber biològic (a més del mèdic):

- la *Historia Naturalis* de Plini el Vell (23-79 dC)

- ✓ Integrada per 37 volums.
- ✓ Elaborada a partir de més de 2.000 textos anteriors.
- ✓ Recull informació sobre botànica, zoologia, mineralogia, etc.
- ✓ Inclou també notícies de formes intermèdies, monstres i animals fantàstics
- ✓ Gran popularitat durant l'edat mitjana i fort impacte en la cultura popular.

- la *Materia Medica* de Dioscòrides (c.30-c.90 dC)

- ✓ Integrada per cinc volums.
- ✓ Redactada originàriament en grec.
- ✓ Recull uns 600 remeis terapèutics, principalment vegetals.



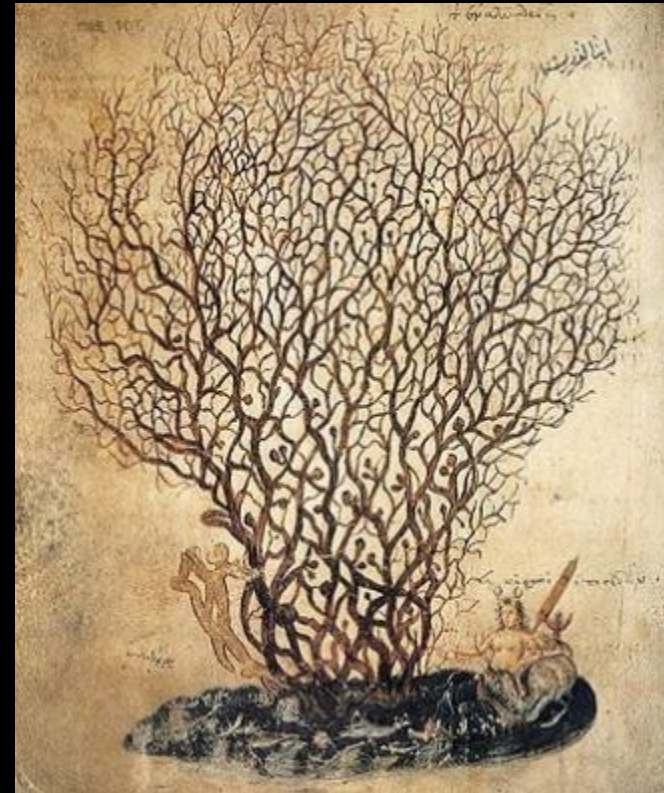
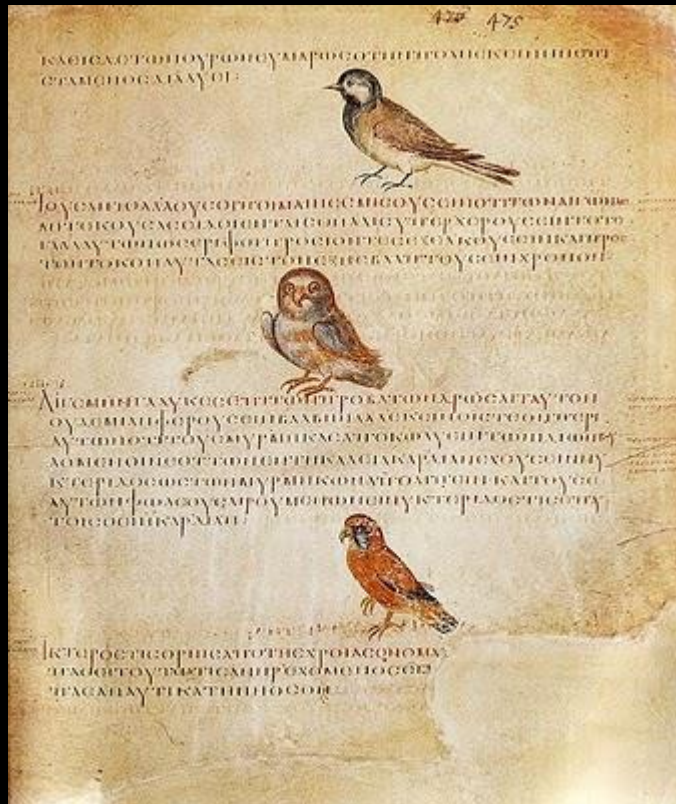


Plini el Vell (23-79 dC)



Historia naturalis  
Frankfurt, 1582





*Materia Medica* de Dioscòrides  
Manuscrit en llengua grega (s. VI )

### **Lectures recomanades:**

Barona, J. L., *Història del pensament biològic*, p. 25-27, 46-70, 78-81.

Fara, P. *Breve historia de la ciencia*, p. 36-57, 180-189.



## 2. Els sistemes de coneixement de la natura (II)

El llegat de la ciència medieval

- 1. El problema de la periodització en història de la ciència**
- 2. L'edat de les tenebres?**
- 3. El món islàmic i la ciència**
- 4. L'assimilació del saber grecoàrab a Europa**
  - les traduccions**
  - les universitats**

# 1. El problema de la periodització en història de la ciència

•Són adients les categories de la història general per a la història de la ciència i, en concret, del pensament biològic?

+ Edat antiga, mitjana, moderna (després, el Renaixement) i contemporània.

(en anglès, *Ancient, Medieval, Early Modern, Modern*)

+ Des de la història política: imperis, dinasties, regnats, revolucions.

+ Des de la història de l'art i de la literatura: clàssic, romànic, gòtic, renaixement, barroc, neoclàssic, romanticisme, impressionisme, modernisme, noucentisme, etc. (o el "Segle d'Or" ...).

•Es tracta d'una evolució contínua de la ciència des de l'Antiguitat? Hi hagué continuïtat o ruptura? Quines fites?

## 2. L'edat de les tenebres?

En el segle IV dC l'Imperi Romà, per obra de l'emperador Constantí, adopta el cristianisme com a religió oficial i, a la seua mort, s'escindeix en dues parts:

- + L'Est bizantí: ric, pròsper, políticament estable, que estableix lligams amb la Xina, l'Índia i el món islàmic.
- + L'Oest romà que, ben prompte, és envaït per pobles germànics i eslaus (els bàrbars).

L'escissió entre els dos escenaris es consumà:

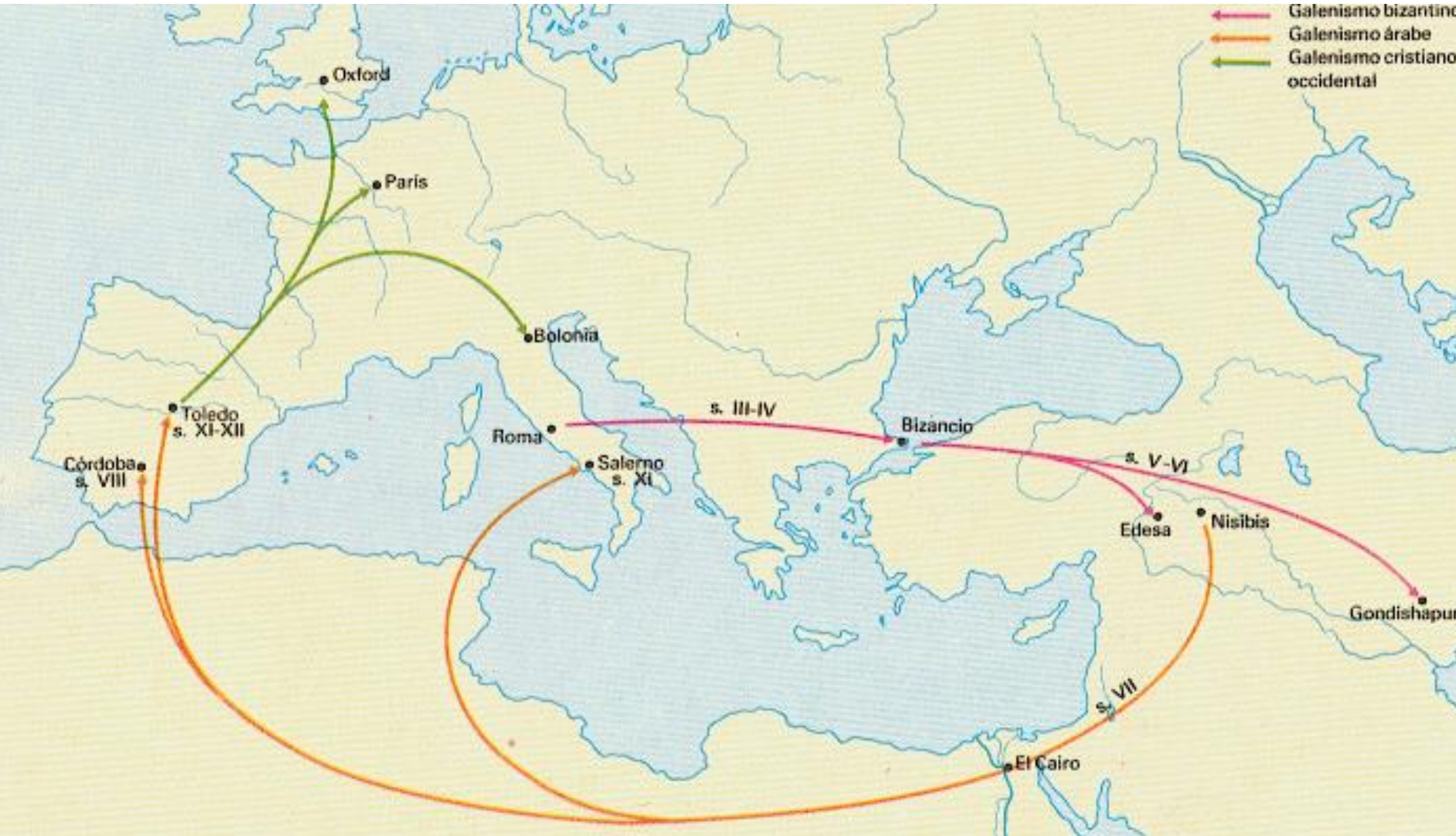
- + en el pla religiós, amb el “Cisma d'Orient” (1054);
- + en el pla polític, quan, l'any 800, el papa corona Carlemany, un rei franc, com a emperador del Sacre Imperi Romà, aclamat com a primer governant d'una Europa unida.

- Segons la visió eurocèntrica tradicional, avui obsoleta, la ciència
  - + s'originà a Grècia i Roma;
  - + es conservà en el món islàmic (i al bizantí) durant el període de decadència europea (l'alta edat mitjana);
  - + més endavant, entrà intacta a través de Sicília i la península Ibèrica;
  - + s'expandí en direcció cap al nord durant la baixa edat mitjana.

- En l'anomenat "Renaixement" (s. XV-XVI), els humanistes:
  - + pretengueren enllaçar directament amb l'Atenes de Plató i Aristòtil, considerada el bressol de la civilització occidental;
  - + intentaren deslligar-se de tot allò que havia succeït entre l'Antiguitat i la seua pròpia època, especialment del món islàmic;
  - + menysprearen l'edat mitjana (una època tenebrosa?), en la qual no hauria succeït suposadament res d'important des del punt de vista cultural.



- ← Galenismo bizantino
- ← Galenismo árabe
- ← Galenismo cristiano occidental



- En l'alta edat mitjana europea, el saber científic en general i biològic en particular fou harmonitzat amb la doctrina cristiana pels Pares de l'Església (Agustí).
  - + Es refugià –però també es recreà– en les escoles monàstiques (Kreuznach, Hildegard von Bingen).
  - + Amb l'emperador Carlemany (ss. VIII-IX) tingué lloc un primer renaixement: el 'Renaixement carolingi' (J.-J. Ampère, 1832):
    - Reforma educativa (reduïda al clergat), reforma administrativa i promoció de la literatura, les arts, l'arquitectura, la jurisprudència i la litúrgia.



•Mentrestant, la Xina (dinastia Tang 618-907), que en la visió eurocèntrica queda relegada a la condició de poble exòtic:

- + Coneixia una fase d'expansió demogràfica, econòmica i cultural gràcies a les obres hidràuliques i a l'agricultura.
- + Els xinesos inventaren aleshores la brúixola, la pólvora i la impremta, i es fundà el Gran Servei Mèdic.



### 3. El món islàmic i la ciència

- El món islàmic heretà el llegat intel·lectual de l'Antiguitat.
  - + Els **governants fomentaren la ciència** per mitjà de la construcció de biblioteques, hospitals i observatoris astronòmics.
  - + A Bagdad es desenvolupà **un projecte sistemàtic de traducció**, del grec al persa i a l'àrab, dels textos antics de geografia, filosofia, medicina, etc.
- Els àrabs no foren mers transmissors del saber grec, sinó que s'apropriaren –interpretaren, recrearen i desenvoluparen– els coneixements pretèrits; és a dir, els transformaren i els ampliaren.

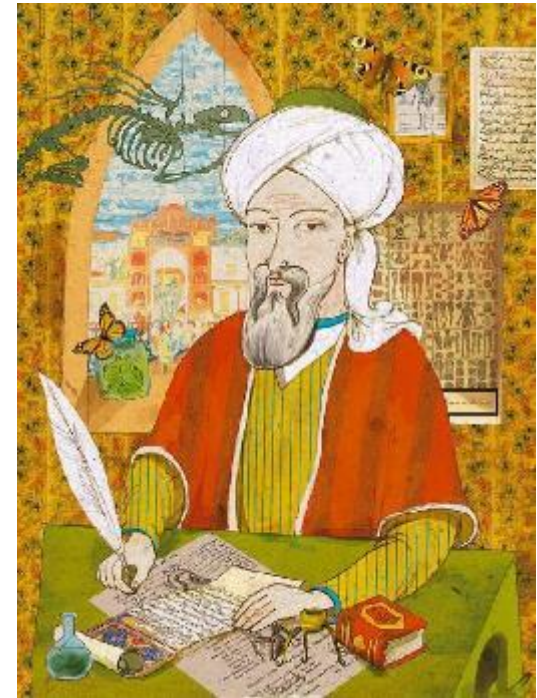


En el món islàmic es distingien dos grups principals de sabers científics:

- + L'ordre matemàtic (aritmètica, geometria, astronomia, música)
  - ✓ clau de l'harmonia (com Pitàgores) i de la cerca d'un ordre universal
  - ✓ algoritme, àlgebra, el número zero, els nombres aràbics
  - ✓ els cicles estel·lars, la mesura de l'univers
- + L'observació de la natura (la "física"), en especial de la història natural (plantes, animals i minerals) i també de l'òptica.



- En medicina i biologia, els àrabs
  - + adoptaren les doctrines de Galè i d'Aristòtil;
  - + integraren la seua versió de la medicina hipocràtica amb les perses i les índies tradicionals;
  - + desenvoluparen la cirurgia i la matèria mèdica (remeis terapèutics).



El metge persa Avicena,  
autor del *Cànon de la medicina*.

## 4. L'assimilació del saber grecoàrab a Europa: les traduccions

- A partir dels segles XI-XII es desenvoluparen nombrosos projectes de traducció dels textos àrabs, però també grecs, **al llatí**:
  - + l'escola de traductors de Toledo (àrabs, cristians i jueus)
  - + l'escola siciliana, sota el patrocini dels reis normands, i l'escola salernitana (Montecassino)
  - + les escoles monàstiques benedictines (Ripoll, Cuixà)



- Es donà prioritat als textos de caràcter pràctic (astronomia, matemàtiques, medicina, biologia o meteorologia).
- Els textos teòrics (filosòfics), més problemàtics des del punt de vista teològic, es traduïren més tard i es van haver d'adaptar a la cosmovisió cristiana (Tomàs d'Aquino).
- La creació de les universitats (s. XIII): resposta institucional davant el llegat grecoàrab, un cos de coneixements i de pràctiques disponible gràcies a les traduccions al llatí i, fins i tot, a les llengües vulgars.



## Les universitats

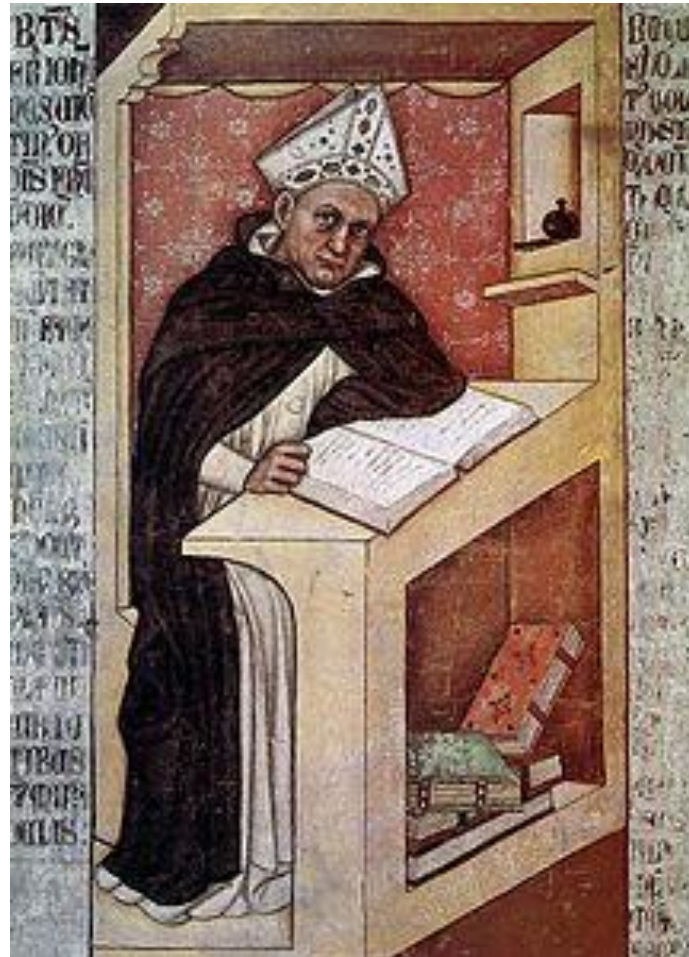
- Comunitats de professors i estudiants:
  - + independents del poder eclesiàstic i del civil
  - + fenomen típicament europeu
  - + entre les més antigues, cal assenyalar les de Bolonya, París, Òxford
- L'ensenyament s'organitzà, sota el denominador comú de la filosofia, en tres facultats:
  - + la teologia (Déu)
  - + el dret (relacions entre els homes)
  - + la medicina (cos humà sa i malalt)
- Els estudis preparatoris es feien a les facultats d'arts: *trivium* (gramàtica, retòrica i dialèctica) i *quadrivium* (aritmètica, geometria, música i astronomia).



Abbas

p. porras

- Els XXVI llibres sobre els animals recullen els textos d'Aristòtil i ofereixen una exposició enciclopèdica del conjunt d'animals coneguts del seu temps.
- Sincretisme de la zoologia clàssica amb el cristianisme i reminiscències de l'astrologia islàmica.
- Dixisme i creacionisme



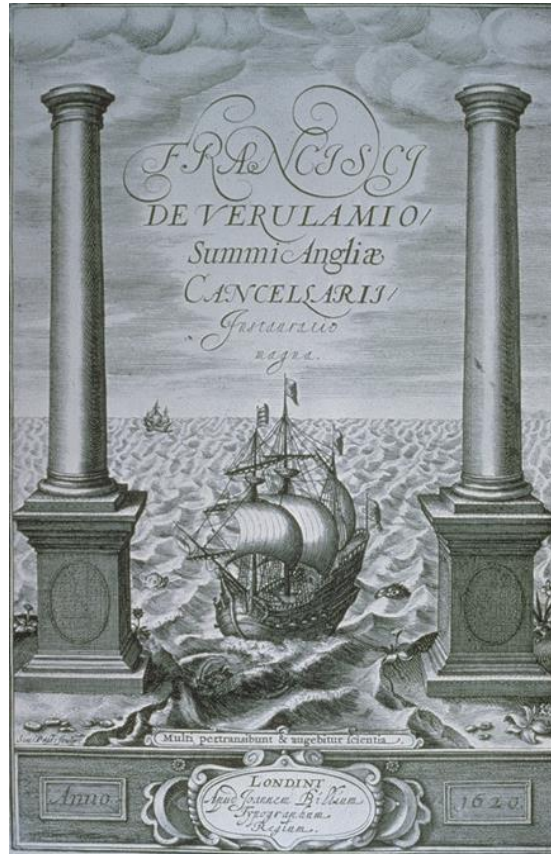
Albert Magne (1206-1280), sant patró de les ciències.

## **Lectures recomanades:**

Barona, J. L., *Història del pensament biològic*, p. 81-100.

Fara, P., *Breve historia de la ciencia*. Madrid, Ariel, p. 71-79, 100-132.





### 3. La Revolució Científica



1. La noció de Revolució Científica
2. El paradoxal programa dels humanistes
3. La reforma protestant i la contrareforma catòlica
4. Canvis en la filosofia natural
5. Novetats institucionals
6. El “descobriment” d’Amèrica i la Revolució Científica

# 1. La noció de Revolució Científica

- Enunciada en 1939 per A. Koyré, que defensava la radical novetat de la *nuova scienza* sorgida en el segle XVII (Galileo, Newton).
- Després de la II Guerra Mundial la noció de “Revolució Científica” esdevingué una categoria historiogràfica àmpliament compartida:
  - + R. Hall, *La Revolució Científica, 1500-1800* (1954)
  - + T. Kuhn, *L'estructura de les revolucions científiques* (1962)
- La idea de discontinuïtat coincidia amb la suposada crisi de la consciència europea (P. Hazard) que s'hauria produït en el s. XVII, resultant d'un enfrontament entre antics i moderns.

- Recentment, la noció de “Revolució Científica” ha estat qüestionada:
- S. Shapin (*La Revolució Científica*, 1996) assenyala:
  - ✓ L'existència, en l'època, de múltiples línies de recerca contradictòries i la manca d'un programa unitari.
  - ✓ L'existència de múltiples "revolucions científiques" (cada època tindria la seua).



## 2. El paradoxal programa dels humanistes (s. XV-XVI)

Avui sabem que, entre l'any 500 i el 1500, els sabers filosòfics i científics de l'Antiguitat foren:

- apropiats, recreats, enriquits i ampliat pels àrabs;
- vessats al llatí en les escoles de traductors del sud d'Europa que estaven en contacte amb l'Islam;
- assimilats i reelaborats en el motle de la filosofia aristotèlica;
- ensenyats en el si de les universitats (a partir del s. XIII);
- la base racional dels sabers mèdics i biològics posteriors.



Entre 1450 i 1550, els humanistes dirigiren la mirada cap a l'Antiguitat per tal de:

- + inspirar-se en els models clàssics (Renaixement);
- + recuperar el saber original (el retorn a les fonts);
- + depurar els textos, suposadament corromputs durant l'edat mitjana pels àrabs, dels autors (autoritats) de l'Antiguitat;
- + difondre el coneixement (els textos dels clàssics) per mitjà de la **impremta**: un text únic que hauria de ser fixat i publicat després d'una acurada selecció de la còpia i la neteja d'errades.





### 3. La Reforma protestant i la Contrareforma catòlica

- L'Europa renaixentista era una societat essencialment cristiana.
- La teologia medieval s'havia solidificat en el motle aristotèlic (conceptes d'espai, temps, causa, substància, moviment, etc.), fent compatible el concepte de natura (*physis*) i l'existència d'un Déu omnipotent, creador i providencial.
- En el segle XVI, la Cristiandat s'escindí amb la Reforma protestant i la Contrareforma catòlica.
- Durant més d'un segle (s. XVI i XVII), Europa seria l'escenari de successives guerres de religió (entre catòlics i protestants).

## La Reforma protestant

En 1517, en el marc de l'humanisme renaixentista, Martí Luter exposà les seues 95 tesis en la catedral de Wittenberg, en les quals defensava:

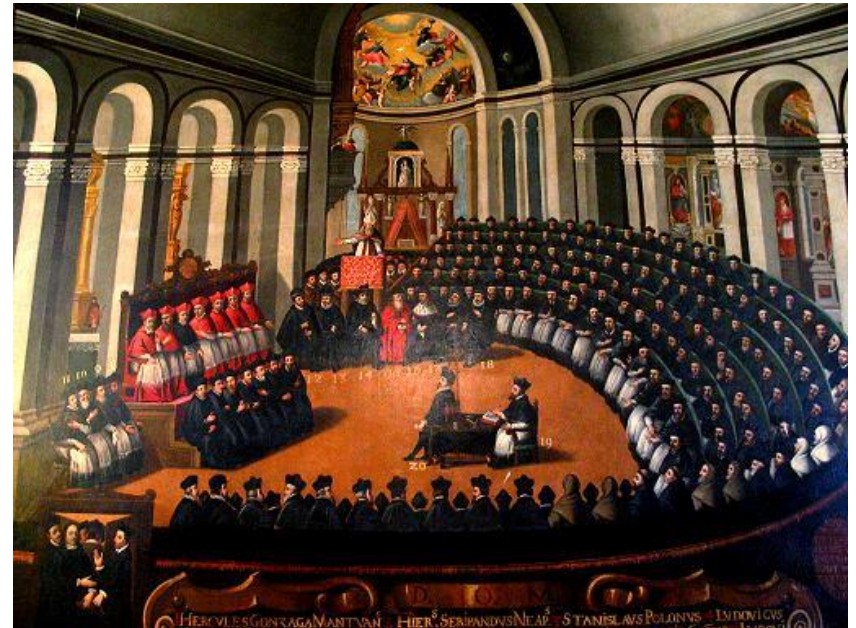
- la lectura directa de la Bíblia, sense la mediació de l'Església, i
- el “lliure examen” (la veu de la consciència individual).



## La Contrareforma catòlica

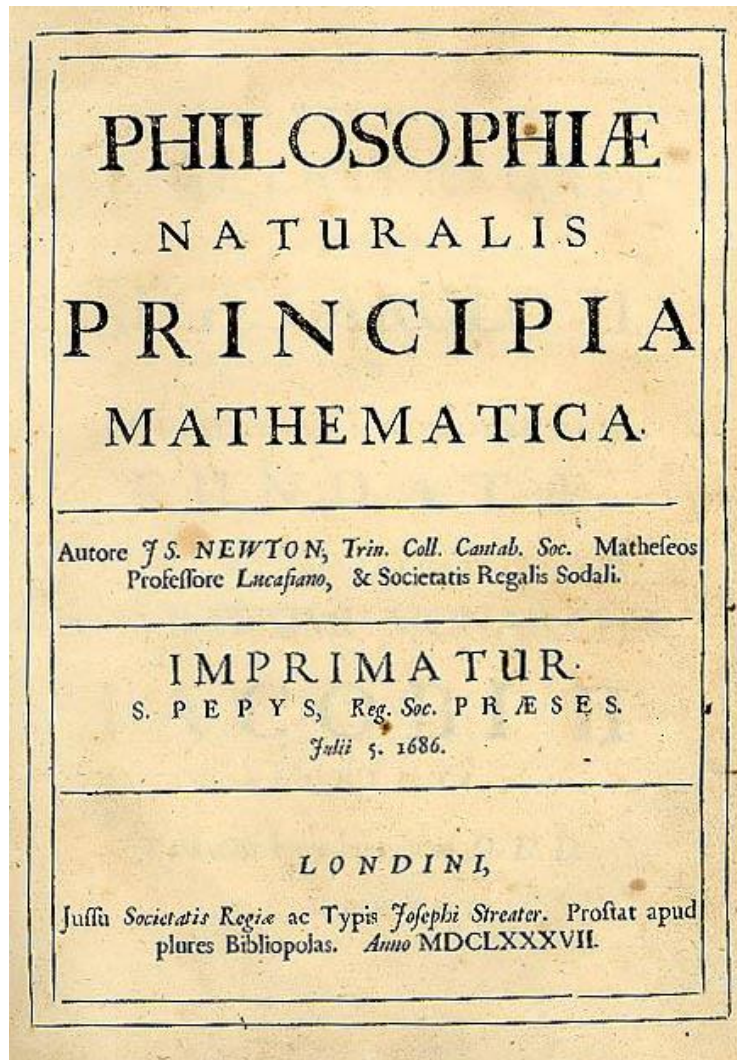
•El Concili de Trento (1545–1563) suposà l'inici de la Contrareforma:

- + condemna de les heretgies protestants (Luter, Calví, Zwingli, etc.);
- + defensa del dogma catòlic (Credo);
- + reforma litúrgica i de l'administració eclesiàstica;
- + creació dels seminaris conciliaris.



- Persistència de l'*ethos* cristià (fins ben entrat el segle XVIII).
- Substitució de la lectura del llibre (la paraula) de Déu (la interpretació de la *Bíblia*) per la lectura de l'obra de Déu (l'estudi de la natura: la creació).
- La *scienza nuova* era considerada un espai de trobada (no conflictiu) i de col·laboració entre els filòsofs i erudits d'arreu d'Europa, on no importava si eren catòlics o protestants (calvinistes, luterans, anglicans, etc.).





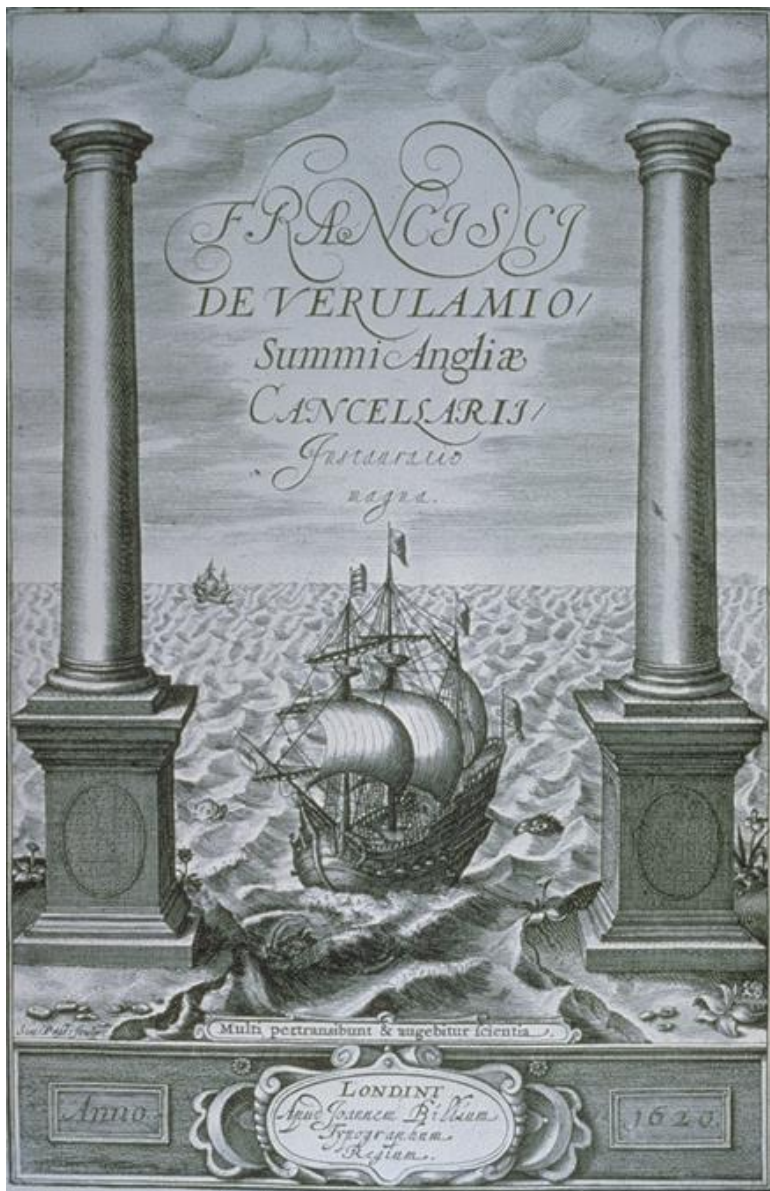
“Aquest bellíssim sistema compost pel sol, els planetes i els cometes no va poder menys que haver estat creat per consell i domini d'un ens poderós i intel·ligent. El déu suprem és un ésser etern, infinit, absolutament perfecte”

Isaac Newton

*Principia mathematica*, 1687

## 4. Canvis en la filosofia natural (s. XVI-XVII)

- **Crítica creixent del principi d'autoritat**, de l'aristotelisme (lògica i metafísica) i del galenisme (doctrina humoral).
- **Recusació del coneixement especulatiu** (escepticisme) i **primacia de la percepció sensorial** com a criteri de veritat (empirisme).
- Consens en la **necessitat de l'experiment** (experiència en públic) com a procediment per a confirmar o refutar les teories.
- **Recuperació i reformulació de la filosofia corpuscular** (atomisme).
- **Utilitat de les matemàtiques** com a instrument de mesura i d'anàlisi (“l'univers està escrit en caràcters matemàtics”).
- Concepció **mecanicista** de l'univers i els éssers vius.



"Sols resta un camí (...) començar tot de bell nou amb un pla millor i iniciar una reconstrucció total de les ciències, les arts i tot el coneixement humà, utilitzant els fonaments adients."

"El coneixement humà i el poder humà són una mateixa cosa."

Francis Bacon  
*Novum Organum* (1620)

“La filosofia està escrita en aquest grandíssim llibre que tenim obert davant dels ulls –vull dir, l’univers–, però no es pot entendre si abans no s’aprèn a entendre la llengua, a conèixer els caràcters amb els quals està escrit. Està escrit en llengua matemàtica i els seus caràcters són triangles, cercles i altres figures geomètriques, sense els quals és impossible entendre ni una paraula; sense ells és com girar vanament en un obscur laberint”.



Galileo Galilei, *Il Saggiatore* [L’assagista], 1623

En 1633 Galileu i l’heliocentrisme foren condemnats per la Inquisició.



DISCOURS  
DE LA METHODE

Pour bien conduire sa raison, & chercher  
la verité dans les sciences.

PLUS  
LA DIOPTRIQUE.  
LES METEORES.  
ET  
LA GEOMETRIE.

*Qui sont des essais de cete METHODE.*

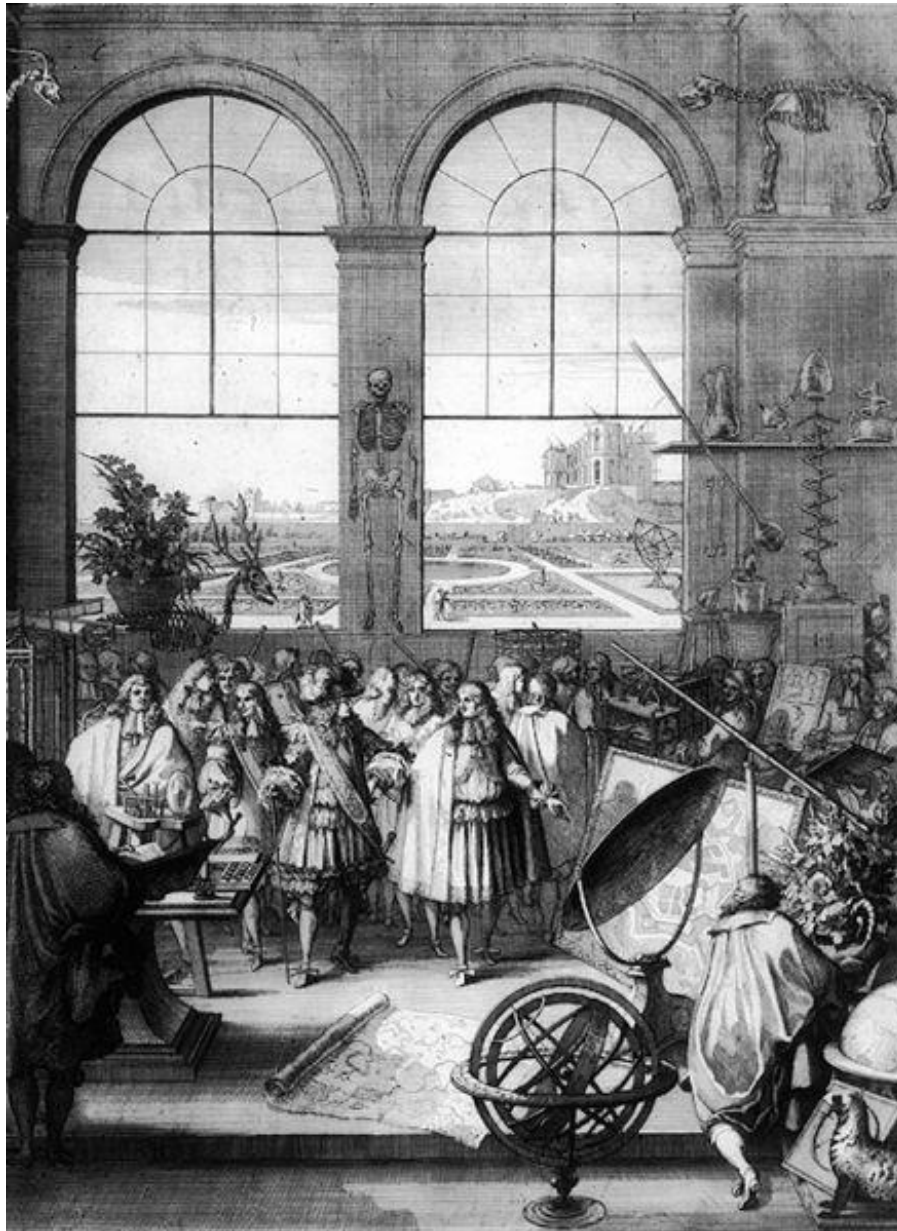


A LEYDE  
De l'Imprimerie de IAN MAIRE.  
C 1 6 3 7  
*Aucc Privilege.*

René Descartes  
*Discours de la méthode*, 1637

## 5. Novetats institucionals

- La República de les Lletres (aprox. 1550-1750)
  - + A partir de mitjan s. XVI s'instaura una xarxa epistolar entre savis (filòsofs, metges, cosmògrafs, naturalistes, etc.) d'arreu d'Europa.
  - + Basada en la correspondència manuscrita (correu postal).
  - + Els savis treballen aïllats i viuen sota el patrocini d'un mecenes.
- La creació de societats i acadèmies (c. 1660) sota la protecció reial:
  - + la Royal Society (Londres)
  - + l'Académie Royale des Sciences (París)
- Nous espais científics: observatoris, jardins botànics, teatres anatòmics, gabinets de curiositats, etc.
- L'aparició del periodisme científic (1665) com a mitjà de comunicació
  - + *Philosophical Transactions*
  - + *Journal des Sçavans*



Lluís XIV visita l'Académie des Sciences (1671).

## 6. El “descobriment” d’Amèrica i la Revolució Científica

•A més de la invenció de la impremta, que permetia contrastar els textos clàssics i difondre el coneixement a gran escala, la Reforma protestant amb el lliure d’examen i l’aparició de noves pràctiques discursives (empirisme, racionalisme, mecanicisme), hi ha qui diu que **el gran motor de la Revolució Científica fou el “descobriment” d’Amèrica.**

•L’existència d’un món nou, completament desconegut, plantejava nombrosos problemes inèdits per als quals la ciència antiga no tenia resposta, i comportava un impuls immens per a la nàutica, la cartografia, l’astronomia, la geografia, la història natural, la matèria mèdica, la medicina, la filosofia, i, fins i tot, la teologia.





Mapa portolà de l'escola cartogràfica mallorquina





Mapamundi de Martin Waldseemüller (1506)

**Lectura recomanada:**

Fara, P., *Breve historia de la ciencia*. Madrid, 2009, p. 167-230.



## 4. Les pràctiques recol·lectores



UNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Història de la Ciència

**Biologia, Universitat i Societat (Història de la Biologia)**

Grau en Biologia

## Una revolució científica en l'àmbit de la biologia?

- En propietat, no es pot parlar de biologia, com a disciplina, fins ben entrat el segle XIX, o fins i tot, el XX.
- Prèviament, els sabers (i les pràctiques) relacionats amb **allò que avui denominem biologia** es trobaven en els continguts de certes tradicions filosòfiques (filosofia natural) i mèdiques (acadèmiques i extraacadèmiques).
- Ergo, no té sentit aïllar la 'biologia', ni de les **pràctiques recol·lectores** (història natural), ni de les **pràctiques dissectives** (autòpsia del cadàver, vivisecció d'animals), ni de les **pràctiques sanadores** (medicina, cirurgia, farmàcia, manescalia).

# Les pràctiques recol·lectores

## Motivacions

- el gust per l'exòtic
- l'afició al col·leccionisme
- el comerç (de les espècies)
- la cerca i conservació d'aliments
- l'obtenció de nous remeis curatius
- l'ideal enciclopedista



# **Les pràctiques recol·lectores**

**1. Els gabinets de curiositats**

**2. La nova història natural**

**3. La noció d'espècie biològica**

# 1. Els gabinets de curiositats

- També anomenats “cambres de meravelles”.
- Afició pròpia de la noblesa i dels burgesos adinerats, que destinaven una dependència arrezerada, a les seues cases o palaus, per a reunir objectes:
  - + insòlits (*rariora*)
  - + meravellosos (*mirabilia*)
  - + exòtics (*exotica*)
- Finalitat: reunir-los, guardar-los, contemplar-los (els seus propietaris) o mostrar-los (als seus amics i coneguts).
- Inclouen objectes procedents dels tres regnes de la natura (*animalia, vegetalia et mineralia*), però també objectes artificials (*artificialia*).





Museu de Ferrante Imperato (Nápol, 1599)



- Objectes naturals (*naturalia*)

- + *animalia* (conques marines, ossos, queixals, armadillos, monstres, ullals d'elefant, esquelets d'animals desconeguts)

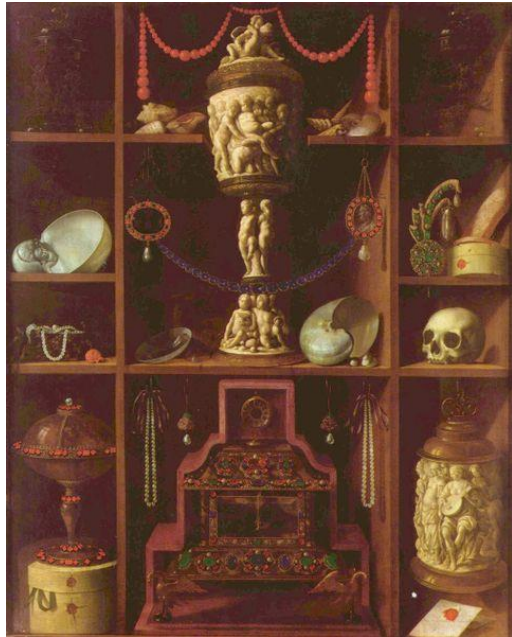
- + *vegetalia* (fustes rars o precioses, vegetals antropomòrfics/zoomòrfics)

- + *mineralia* (fòssils, lava, ambre, [corall], pedres imant, cristalls, etc.)

- Artificials (*artificialia*)

- + obres d'art (pintures, escultures, filigranes, miniatures)

- + peces antigues, procedents de terres distants o d'altres èpoques (excavacions 'arqueològiques')



Gabinets de curiositats



# SALVADORIANA

EL GABINET DE CURIOSITATS DE BARCELONA  
EL GABINETE DE CURIOSIDADES DE BARCELONA  
THE CABINET OF CURIOSITIES OF BARCELONA



## 2. La nova història natural (operacions que requereix)

a) l'obtenció i la localització de mostres per mitjà d'excursions, viatges (expedicions) i intercanvis

b) la conservació de les mostres per mitjà de :

- + la confecció d'herbaris (premsat i dessecat)
- + la taxidèrmia i la immersió en alcohol (o substàncies similars)
- + **la conservació en vida dels éssers vius**

c) la descripció de les característiques (història natural)

- + la relació de l'aspecte, les dimensions, les formes de reproducció, l'hàbitat, etc.
- + la il·lustració de les seues formes (dibuixos, gravats, pintures)

d) la identificació i catalogació:

- + ordenació, agrupació i denominació
- + criteris de similitud i diferència
- + **concepte d'espècie botànica o zoològica: John Ray**

## La conservació en vida dels éssers vius

- la custòdia de llavors
- el transport d'exemplars vius (plantes i animals) a altres hàbitats
- l'aclimatació, que implica la supervivència i la reproducció dels exemplars transportats, en forma assilvestrada o en captivitat, en:
  - + els jardins de plantes (botànics)
  - + els jardins (o estacions) zoològics



*Opuntia ficus indica*:  
figues de pala

# Plantació de jardins botànics i medicinals

- Reben (i reben) distintes denominacions:
  - + horts (*hortus medicinalis*)
  - + jardins (*hortus botanicus*)
- Els horts medicinals sorgiren al costat de les infermeries i les apotecaries dels monestirs; més tard, aparegueren annexos a les farmàcies de les ciutats.
- Els jardins botànics (en francès, *jardins des plantes*) sorgiren per iniciativa dels bisbes, dels monarques o de les universitats (p. ex., el de la Universitat de València).
- Conreu i aclimatació de plantes exòtiques d'interès:
  - + terapèutic (medicaments: “matèria mèdica” medicinal)
  - + tèxtil (tintures)
  - + culinari (espècies i aliments)
  - + lúdic (tabac)
  - + ornamental (parterres, gloriètes)



Monestir de Pedralbes (Barcelona):  
plantes medicinals



Hortus Botanicus de Clusius (Universitat de Leiden)





Padova: Orto dei Semplici, veduta d'insieme.

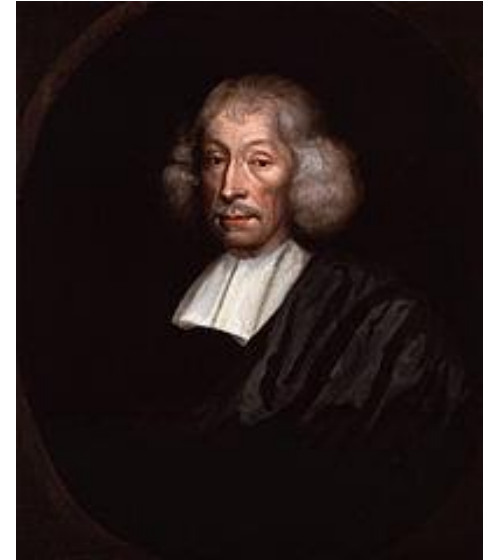




Jardí Botànic de la Universitat de València

### 3. La noció d'espècie

- John Ray, naturalista anglès, membre de la Royal Society, viatjà per diversos països europeus entre 1663 i 1667, i recollí prop de 20.000 plantes diferents, pròpies i d'altres
- formulà la noció d'espècie botànica i animal (*Historia generalis plantarum*, 1686) amb la finalitat d'ordenar i classificar els éssers vius
- concepte d'espècie biològica: abstracció a partir d'exemplars semblants capaços reproduir-se i de donar lloc a individus idèntics a ells (descendència fèrtil)
- el nombre d'espècies hauria estat fixe des de la creació



John Ray (1627-1705)

## **Lectures recomanades:**

Barona, J.L., *Història del pensament biològic*, València, PUV, 2003, p. 101-170

Fara, P., *Breve historia de la ciencia*. Barcelona, Ariel, 2009, p. 145-156, 231-241





## 5. Les expedicions científiques



## **Les expedicions científiques**

1. La decadència de la Mediterrània i l'auge de l'Atlàntic
2. El desenvolupament de la cartografia i la nàutica
3. L'expedició de Francisco Hernández a Mèxic
4. Les expedicions científiques en el Segle de les Llums

# 1. La decadència de la Mediterrània

- un mar perillós:
  - + la caiguda de Bizanci i l'auge de l'Imperi turc otomà
  - + la pirateria
  - + el declivi del comerç amb Orient
- la cerca d'una via alternativa per a arribar a les Índies
  - + la ruta del Cap de les Tempestes (Díaz, 1488)
  - + el “descobriment” d'Amèrica (Colon, 1492)





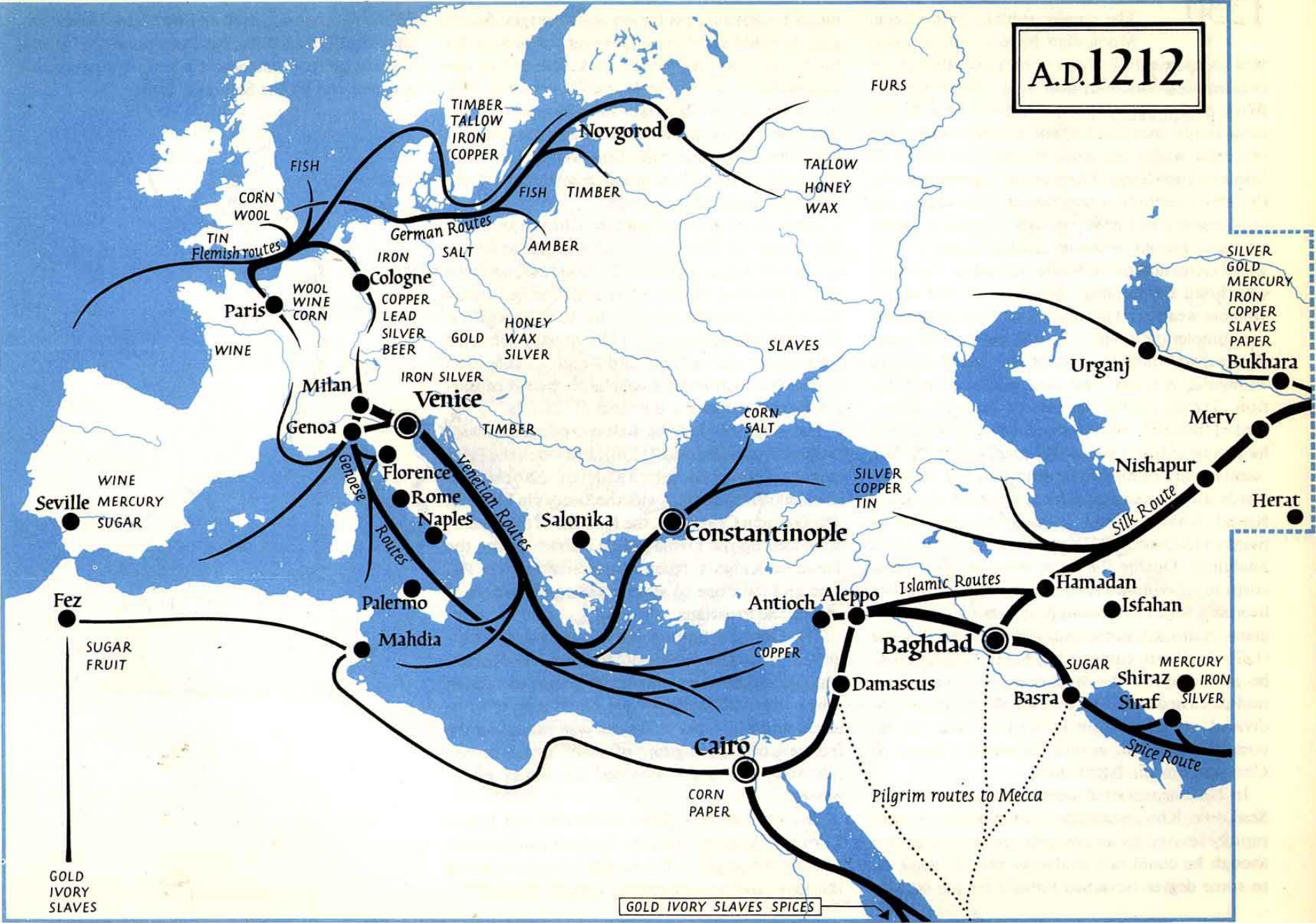




Recreació de la batalla de Lepanto, 1571



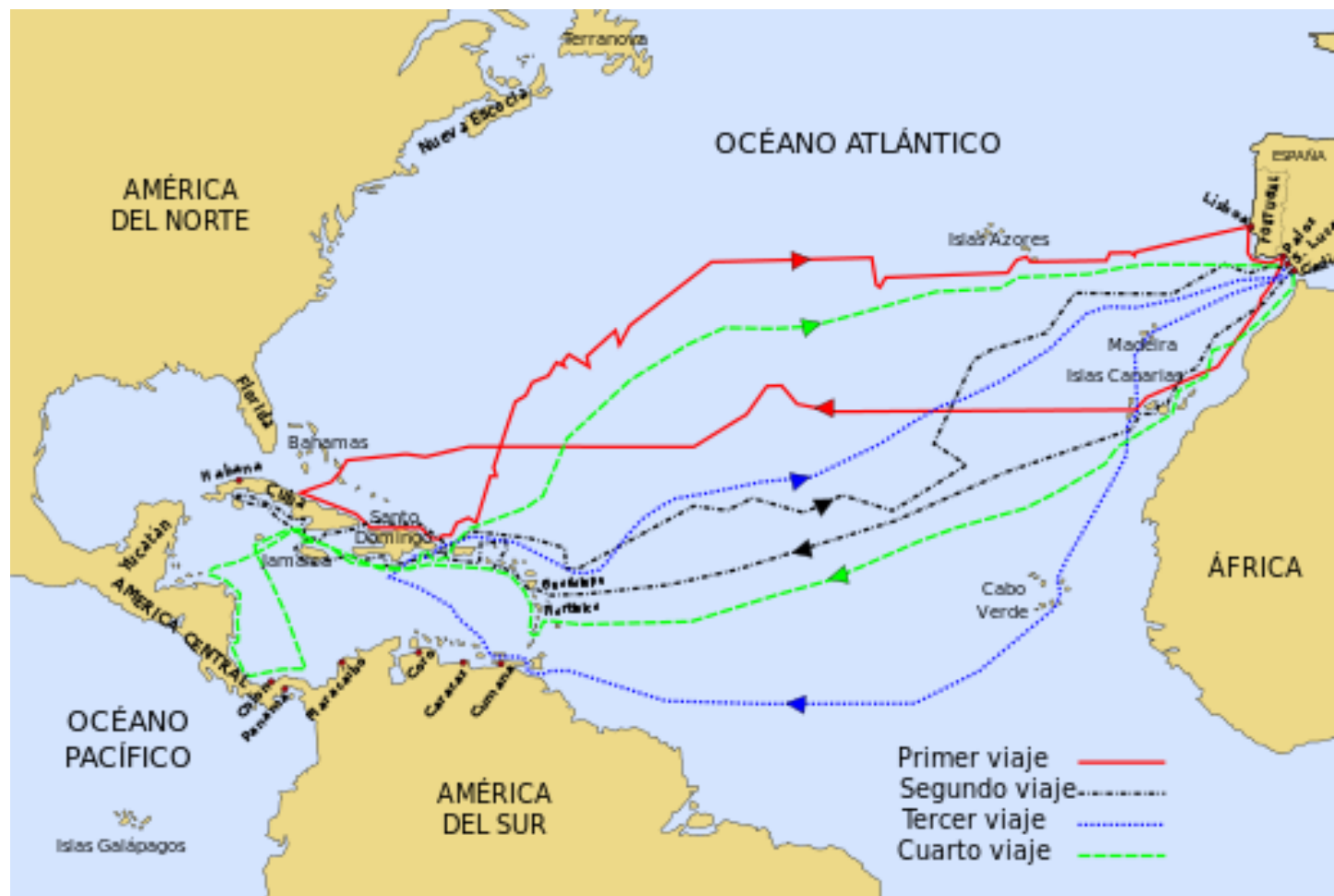
A.D. 1212



GOLD IVORY SLAVES SPICES









## 2. El desenvolupament de la cartografia i la nàutica

- el disseny de cartes de navegació: la cartografia

+ els portolans mallorquins (cabotatge) s. XIV i XV

+ la cartografia flamenca (edicions impreses de mapes) s. XVII

- ✓ vinculada en part a l'establiment de companyies comercials (la Companyia Holandesa de les Índies Orientals, 1602; i la Companyia Holandesa de les Índies Occidentals, 1621)
- ✓ protagonitzada per astrònoms i matemàtics
- ✓ resolució de problemes gràfics: projeccions d'una Terra esfèrica sobre superfícies planes





Europa meridional i nord d'Àfrica (A. Cresques, 1375)





Mapes europeus d'Àfrica (segle XVII)

## La Casa de Contratación de Indias

- establida per la Corona de Castella a Sevilla en 1503
- missions:
  - ✓ fomentar i monopolitzar el comerç amb Amèrica
  - ✓ regular les relacions entre mercaders i navegants
  - ✓ assegurar la capacitat dels pilots
- creació en 1508 del càrrec de “Piloto Mayor” (Américo Vespuccio), més tard ‘Cartógrafo Mayor’, que tenia sota el seu comandament diversos cosmògrafs





Port fluvial de Sevilla, segle XVI



## El Colegio de San Telmo (“Escuela de Mareantes”)

- Escola de nàutica, establida a Sevilla en 1681.
- L’objectiu: formar tècnics per a les flotes ("la Carrera de Índias").
- Acollia i educava infants orfes.
- Els alumnes rebien una formació teoricopràctica, com a pilots, mariners, artillers, etc.
- Per motius de seguretat, sovint els seus estudis i cartes de navegació no passaven a la impremta i, per tant, no es difonien.



## La cartografia francesa del segle XVIII

- Refutació de la suposada esfericitat de la Terra.
- La hipòtesi (Newton) de l'aplatament dels pols.
- L'Académie des Sciences de París organitzà en 1736 dues missions geodèsiques per a mesurar la longitud d'un grau del meridià terrestre en dos punts del globus diagonalment oposats:
  - + L'expedició de Maupertuis al nord de Suècia.
  - + L'expedició de La Condamine a Quito (1739).



Maupertuis (1698-1759)

### 3. L'expedició d'Hernández a Mèxic (1571-1577)

- Protagonista principal de la primera gran expedició científica al Nou Món i figura clau en el coneixement i apropiació del 'tresor natural' d'Amèrica amb Gonzalo Fernández d'Oviedo (*Historia general y natural de las Indias Occidentales*, 1535) i Nicolás Monardes (*Historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales que sirven en medicina*, 1565-1574).
- Format a la Universidad de Alcalá i a l'hospital del Monasterio de Guadalupe, on practicà la dissecció (animals i cadàvers) i s'inicià com a naturalista recorrent Extremadura, Castella la Nova i Andalusia.
- En 1567 fou nomenat metge reial per Felip II.
- En 1569 fou nomenat, pel rei, "protomédico general de nuestras Indias, islas y tierra firme del mar Océano".

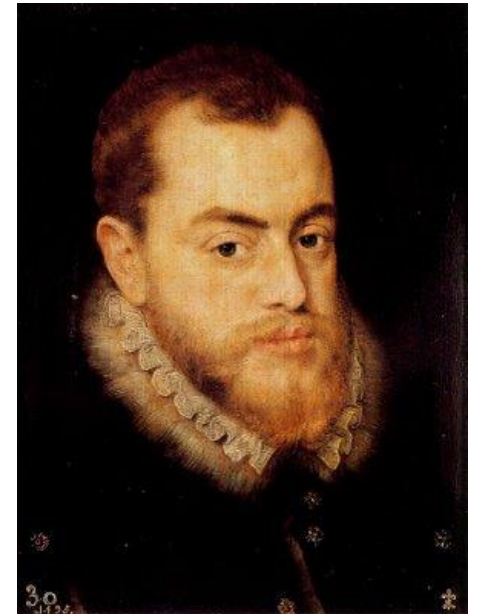


Francisco Hernández de Toledo (c.1515-1587)



- El rei li donà l'encàrrec de comandar l'expedició que havia de “hacer la historia de las cosas naturales” del virregnat.

- El motiu de l'expedició: “porque se tiene relación que en ella [Nueva España] hay más cantidad de plantas, hierbas y otras semillas **medicinales** conocidas que en [ninguna] otra parte”.



Felip II



- Entre 1571 i 1577, Hernández treballà a Mèxic junt amb un grup de cosmògrafs, botànics, escrivans i intèrprets, pintors i dibuixants, i també diversos metges indígenes.
- Aprengué la llengua nahuatl i recorregué el Virregnat de dalt a baix per a accomplir les tasques de recol·lecció.



Francisco Hernández,  
“el preguntador”

## Agendes diferents

- En el contracte del Consejo de Indias, figurava la clàusula següent:

“Os habéis de informar donde quiera que lleguéis de todos los médicos, cirujanos, *herbolarios y indios y de otras personas curiosas en esta facultad*, y que os pareciere podrán entender y saber algo; y tomar relación generalmente de ellos, de todas las **hierbas, árboles y plantas medicinales** que hubiere en la provincia donde os halléis”



- El pla d'Hernández era bastant diferent:

“No es nuestro propósito dar cuenta sólo de los medicamentos, sino de **reunir la flora y componer la historia de las cosas naturales del Nuevo Mundo**, poniendo ante los ojos de nuestros coterráneos y principalmente de nuestro señor Felipe todo lo que se produce en esta Nueva España”



Francisco Hernández  
(c.1515-1587)

Hernández pretenia descriure ('historiar') no sols "las cosas naturales" del Nou Món, sinó també les característiques físiques i morals dels seus habitants:

"Aun cuando me hayáis comisionado tan sólo para la historia de las cosas naturales de este orbe, Sacratísimo Rey, y aunque el cargo de escribir sobre antigüedades como que no me pertenece; sin embargo, juzgo que no distan tanto de ella las costumbres y ritos de las gentes, porque aun cuando en gran parte no deban atribuirse a los cielos y a los astros, puesto que la voluntad humana es libre, [...] todavía los más doctos de los filósofos opinan que hay concordancia entre el alma y el cuerpo [...]"

Francisco Hernández, *Las antigüedades de Nueva España* (Ms.)

## La labor recol·lectora de Francisco Hernández

- El treball de camp:
  - + excursions d'una jornada a partir de la ciutat de Mèxic
  - + viatges curts d'exploració (Toluca, Santa Fe, Cuernavaca)
  - + expedicions de llarg recorregut (Oaxaca, Michoacán, Pánuco)
- Descripció *in situ* de la flora, la fauna i el medi humà:
  - + recol·lectar espècimens (plantes) i les seues llavors
  - + capturar animals vius
  - + dibuixar plantes, animals o escenes del medi natural
  - + dictar les descripcions als escrivans
  - + traduir les informacions dels indígenes al llatí i al castellà











- En 1574 escribía al rei una carta on li deia:

+ “en lugar de las medicinas de España [quiero] poner otras de las Indias, para que se excuse el gasto grande de dineros y haya medicina buenas y sanas”

+ “faltaba para la perfección de esta obra [...], tomar muy a pechos el hacer experiencias de todo lo que yo pudiere, mayormente de las purgas y medicinas más importantes“

## **La labor “medicinal” de Francisco Hernández**

- Amb els seus col·laboradors i els materials recol·lectats, Hernández s’instal·là a l’Hospital de Naturales (ciutat de Mèxic), on disposava de:
  - + dos-cents llits per a acollir malalts indígenes;
  - + un hort medicinal per a fer germinar les llavors i aclimatar les plantes;
  - + diversos estables per a albergar els animals capturats.
- Mobilitzà els hospitals i els metges i cirurgians de la ciutat de Mèxic, perquè s’hi efectuaren “experiències” amb els remeis curatius recol·lectats.

## Resultats de l'expedició d'Hernández

### - *La Historia Natural de Nueva España*

- + n'és el principal resultat.
- + 18 volums manuscrits (més de 1.000 fulls);
- + tres d'ells escrits en nahuatl i la resta en llatí;
- + farcits de dibuixos botànics i zoològics (més de 2.000 il·lustracions);
- + unes 3.000 plantes i més de 500 animals;
- + inspirada en la *Història Natural* de Plini el Vell;



Alvocat  
("aguacate")



- Cinc tractats de caràcter terapèutic

+ relació de les “experiencias y antidotario del nuevo orbe”

+ un “método para conocer las plantas de ambos orbes”

+ un estudi de l'epidèmia que assolà Mèxic en 1576



Oceloxochitl

- A més, va incloure:

+ estudis sobre la història natural de Canàries, Cuba i l'Espanyola

+ una obra titulada *Antigüedades de la Nueva España*

+ diversos textos sobre temes morals i ètics inspirats en Aristòtil

+ la documentació administrativa de l'expedició



## El destí de l'obra de Francisco Hernández

- En 1576, Hernández fou pressionat des de la Cort perquè enviés els resultats, la qual cosa l'obligà a enviar quinze volums luxosament enquadernats i més de dues mil làmines il·lustrades.

“No van tan limpios, ni tan limados, o tan por orden, ni ha sido posible, que no deban esperar la última mano *antes que se impriman*. Va la tabla con sus etimologías, donde hallará Vuestra Majestad el número de la pintura a la mano izquierda y el de la escritura a la derecha...”

En febrer de 1577, Hernández tornà des de Veracruz amb

+ els 22 toms originals (i els dibuixos)

+ les llavors, els planters

+ l'herbari

+ els animals (vius i morts), etc.

- En setembre de 1577, l'expedició arribà a Sevilla amb Hernández molt malalt.

- Nardo A. Recchi fou comissionat per a treballar la part medicinal de l'obra d'Hernández i preparà cinc volums titulats *De materia medica*, que no arribaren a ser editats en vida de Rechi.

- En 1628 i, més tard, en 1651, es van editar dues versions resumides del treball de Recchi finançades per Francesco Cesi, fundador de l'Accademia dei Lincei.





*Rerum medicarum  
Novae Hispaniae  
Thesaurus seu  
Plantarum,  
Animalium  
Mineralium  
Mexicanorum  
Historia  
(Roma, 1651)*

Frederic  
Gruter  
hic  
Cum Privilegio. ROMÆ Superior, permissu. Ex Typographico Vitalis Mascardi. M. DC. XXXXXI.

- En 1671, la major part de l'obra d'Hernández es cremà en l'incendi de la biblioteca de l'Escorial; sortosament, diverses parts havien estat copiades abans del desastre per visitants ocasionals del monestir.
- En 1767, després de l'expulsió dels jesuïtes, alguns dels manuscrits d'Hernández aparegueren al *Colegio Imperial* de Madrid.
- En 1787, s'inicia una expedició científica (Sessé i Mociño) a Mèxic per tal de fundar-hi una càtedra de botànica i de prosseguir l'obra d'Hernández.
- En 1790, Casimiro Gómez Ortega, director del Jardí Botànic de Madrid, en feu una edició, en tres volums, que es va anunciar pomposament com la primera versió “completa” de l'obra d'Hernández (era fals perquè, entre altres coses, no contenia il·lustracions).

## 4. Les expedicions científiques en el segle de les Llums

### Els viatges del capità James Cook

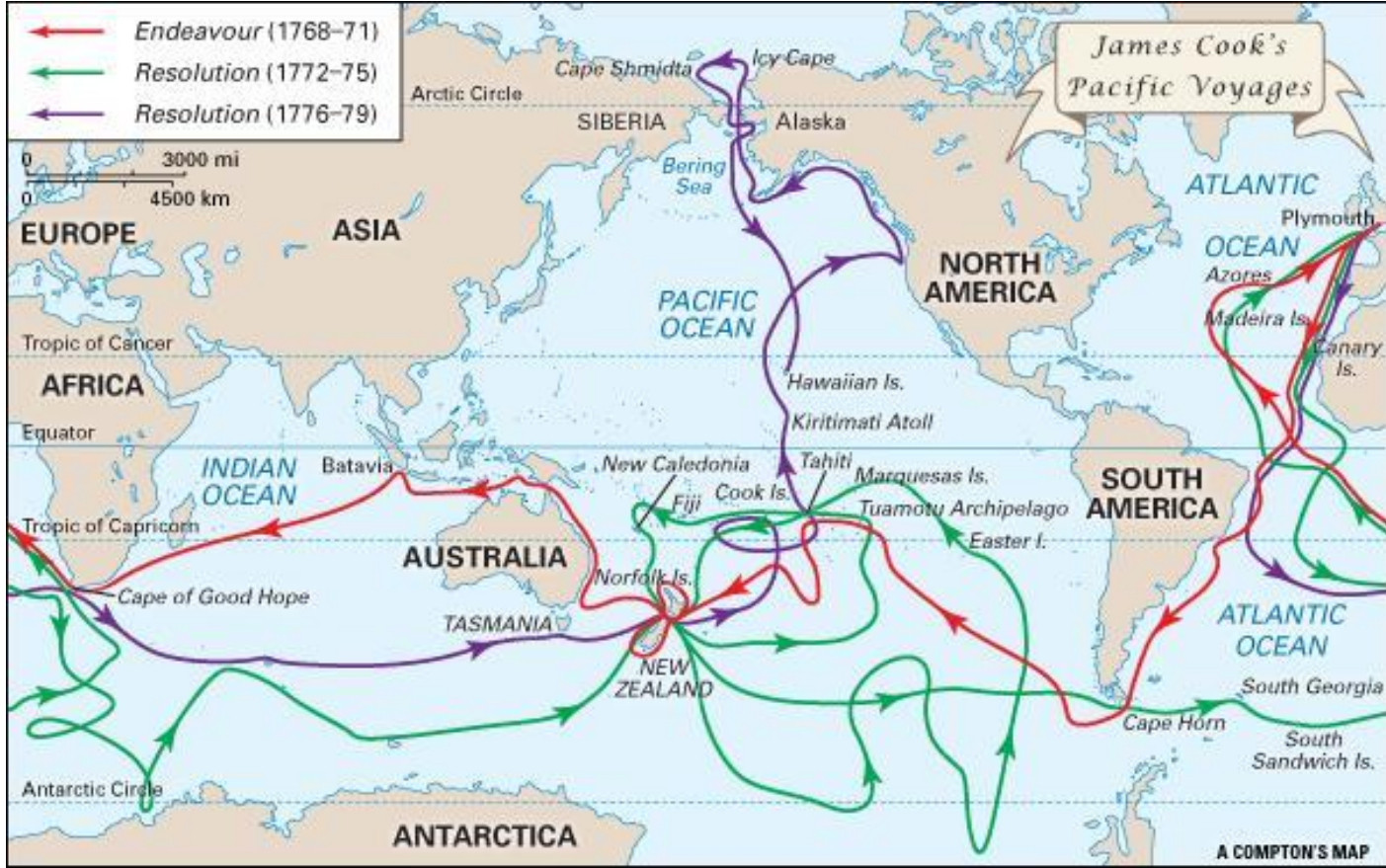
- Encapçalà tres expedicions, que partiren successivament, en 1768, 1772 i 1776, a Oceania per encàrrec de la Corona britànica i de la Royal Society de Londres.
- Són viatges d'exploració pels mars del Sud (Pacífic) per a cartografiar i descriure el continent austral (Nova Holanda i Nova Zelanda) amb finalitats colonials (militarització de l'empresa científica).
- Incorpora els Forsters, pare i fill, dos naturalistes que serviren de models per a figures com Humboldt i Darwin.

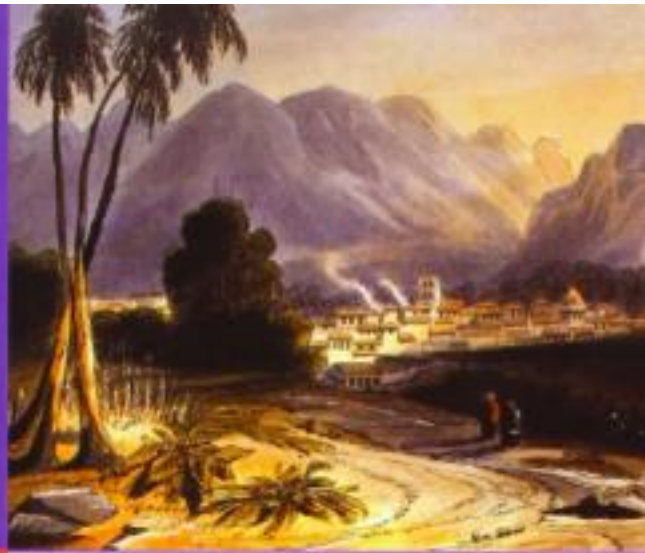




*Portrait of Dr Johann  
Reinhold Forster and  
his son George  
Forster, Jean Francois  
Rigaud (c. 1780)*







Científicos  
para la Historia

serie Mayor

Jorge Juan, Mutis y Malaspina

# Viajeros científicos

Juan Pimentel

Prólogo de Luis Carandell

nivola

## El viatge d'Alexander von Humboldt a Amèrica

- Membre d'una rica família aristocràtica prussiana.
- Germà del lingüista i reformador alemany Wilhelm von Humboldt, i amic de Goethe i Schiller, de físic Gay-Lussac, etc.
- Sòlida formació en química, física, geografia i ciències naturals.
- Es considera una figura clau en la història de l'etnografia, l'antropologia, l'arqueologia, la cartografia, la física, la zoologia, l'ornitologia, la climatologia, l'oceanografia, la gastronomia, la geografia, l'alpinisme/andinisme, la geologia, la mineralogia, la mineria, la vulcanologia, etc.
- D'idees liberals i simpatitzant de la Revolució Francesa, era contrari a l'esclavitud i donà suport als moviments d'emancipació americana.



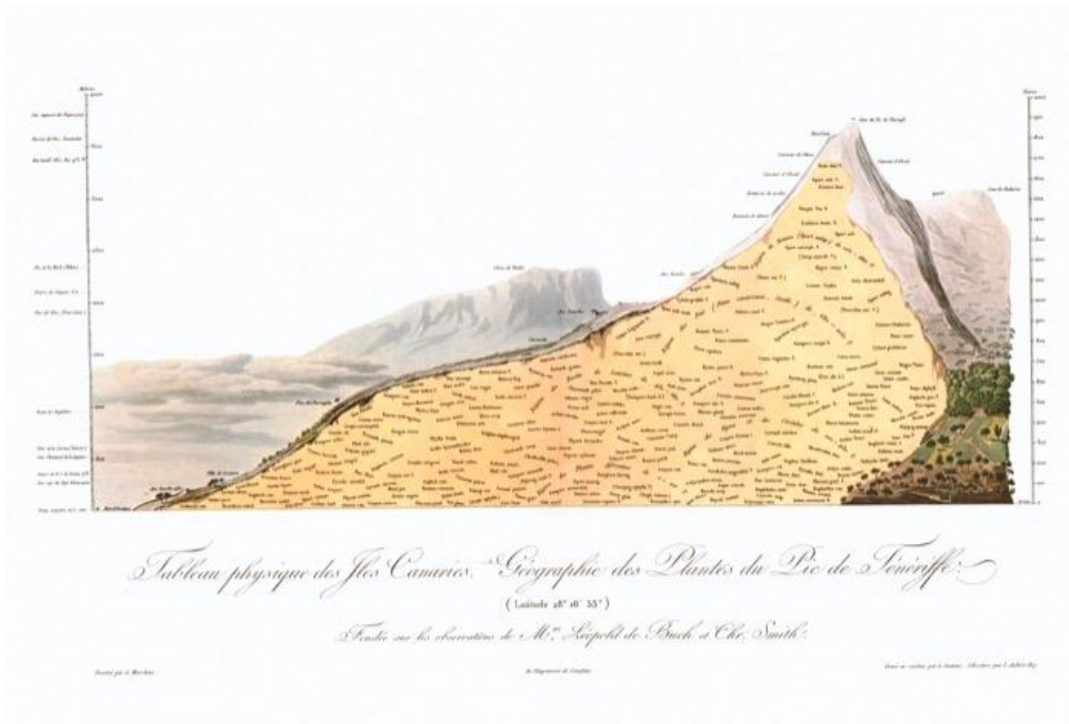
Alexander von Humboldt (1769-1859)







Ascensió i exploració del volcà Chimborazo (Equador)



- Gran èmfasi en la recol·lecció de dades i el coneixement empírico-descriptiu.
- Un dels primers autors a utilitzar gràfics, figures i diagrames en les seues obres.

- Un dels seus principals objectius fou ‘descobrir com interaccionen entre si les forces de la natura i com influeix l’ambient geogràfic en la vida vegetal i animal’.



HUMANITAS. LITERÆ. FRUGES.

- *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent* (34 vols.)
  - *Essai sur la géographie des plantes* (1807)
  - *Ansichten der Natur* (1808)
  - *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne* (1808-1811)
  - *Atlas géographique et physique des régions équinoxiales du Nouveau Continent* (1814)
- *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltgeschichte* (1845-1862)

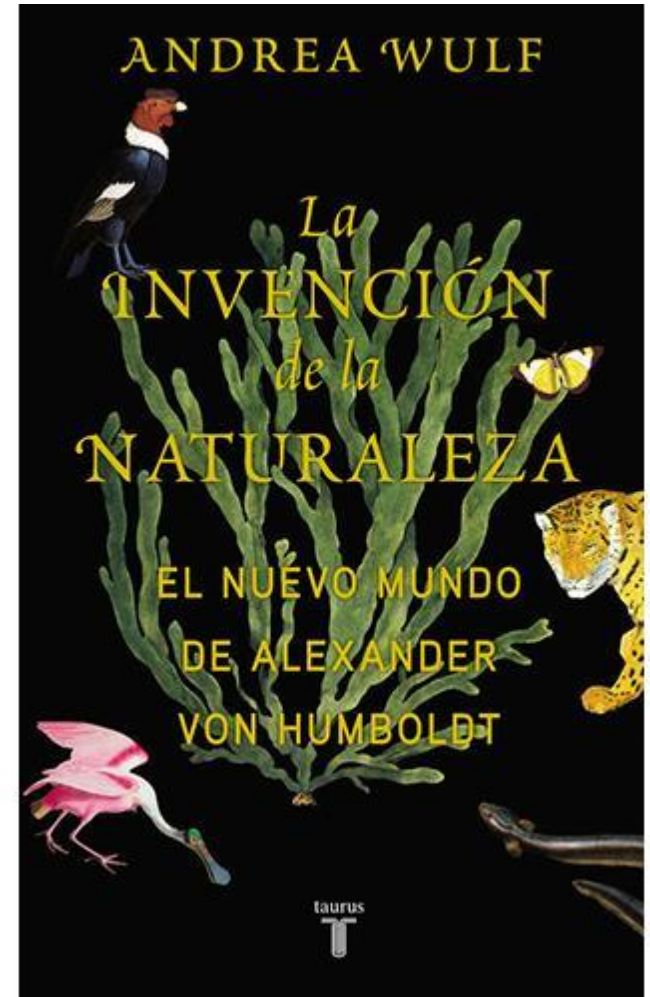


## Lectures recomanades:

Barona, J.L., *Història del pensament biològic*.  
València: PUV, 2003, p. 146-151.

Fara, P., *Breve historia de la ciencia*, Barcelona:  
Ariel, 2009, p. 309-319.

Pardo Tomás, J., *El tesoro natural de América*.  
*Colonialismo y ciencia en el siglo XVI*. Madrid:  
Nivola, 2002, p. 127-179.





## 6. El Renaixement anatòmic



# El Renaixement anatòmic

- 1.El coneixement de la forma i la funció
- 2.La dissecció anatòmica en l'antiguitat
- 3.La dissecció anatòmica entre la baixa edat mitjana i el Renaixement
- 4.Andrea Vesalio i *De humani corporis fabrica* (1543)

# 1. El coneixement de la forma i la funció

## La forma

### **Quina és la forma?**

- l'anatomia descriptiva o sistemàtica
- l'anatomia topogràfica

### **Quina és l'estructura íntima?**

- l'anatomia microscòpica
- la histologia
- la citologia
- la biologia molecular

### **Quin és l'origen?**

- l'anatomia comparada i filogenètica
- l'embriologia
- la genètica



# La funció

## **Quins són els processos propis dels éssers vius?**

- Les funcions vitals elementals (nutrició, reproducció, conservació, relació amb el medi, etc.), que constitueixen l'objecte d'estudi de la fisiologia general.

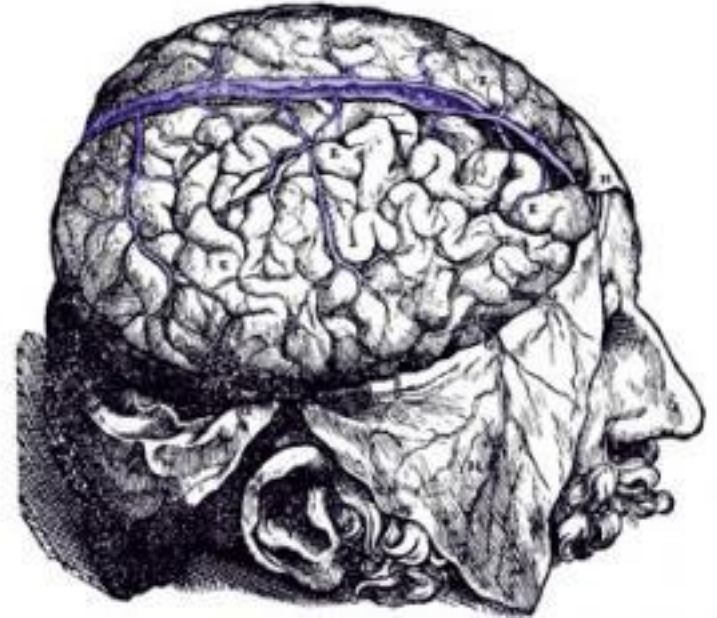
## **Quines són les funcions pròpies d'un ésser viu concret?**

- la fisiologia especial (animal o vegetal)
- la fisiologia humana
  - + respiració i transpiració
  - + circulació sanguínia i limfàtica
  - + digestió, nutrició i metabolisme
  - + excreció
  - + termoregulació
  - + reproducció
  - + desenvolupament i envelliment
  - + motricitat i sensibilitat
  - + sentits i vida psíquica

## 2. La dissecció anatòmica en l'antiguitat

### El terme “anatomia”

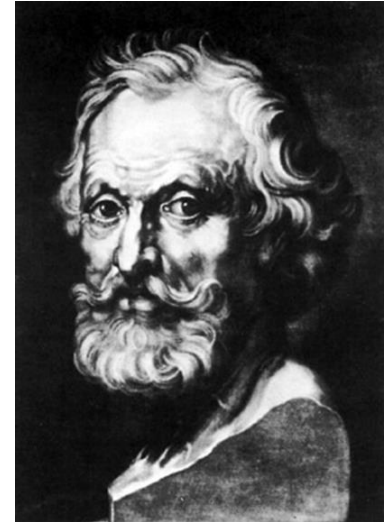
- Remet a una pràctica manual: la dissecció (*autopsía*)
  - + orígens sobretot alexandrins (Heròfil de Calcedònia i Erasístrat) en els segles IV-III aC
    - ✓ dissecció de cadàvers humans
    - ✓ vivisecció d'animals





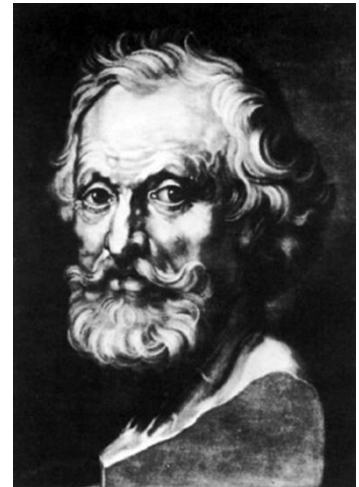
## L'“anatomia” en Galè

- Dedicava a l'anatomia algunes de les seues obres (s. II dC).
  - + *Sobre l'ús de les parts* [anatòmiques]
  - + *Sobre els procediments anatòmics*
  - + diverses monografies sobre els ossos, els músculs, les artèries i les venes, els nervis, l'úter, etc.

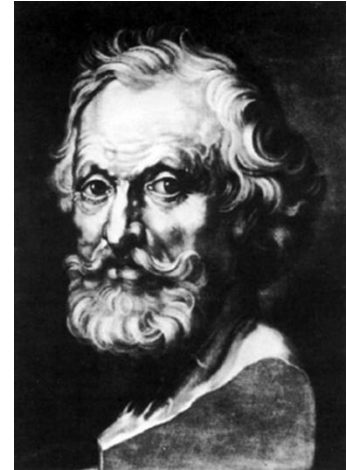




- Les fonts de coneixement del cos humà eren:
  - + disseccions de cadàvers (dubtós);
  - + inferències analògiques a partir d'observacions realitzades amb animals, especialment amb micos, porcs i gossos.
- Defensava el saber anatòmic, però en realitat la seua concepció del cos humà posseïa una base dissectiva molt dèbil.



- A Galè, com a metge que era, no l'interessava el cadàver, sinó el cos humà en plenitud vital (sense distingir entre forma i funció) i el cos humà en estat de malaltia.
- Un dels problemes que arrossega l'anatomia posterior serà la supeditació del coneixement morfològic als interessos dels metges (iatrocentrisme morfològic).



### 3. La dissecció anatòmica en la baixa edat mitjana i el Renaixement

#### •Pràctiques dissectives amb diverses finalitats:

+ didàctica (en les universitats i algunes corporacions):

- ✓ lliçó a l'aula
- ✓ utilització d'imatges (atles anatòmics, maniquins, etc.)
- ✓ dissecció en un lloc apropiat (teatre anatòmic)

+ legal:

- ✓ incriminació (o descartar la comissió d'un crim)
- ✓ reforçament de la pena capital

+ patològica (la lesió anatòmica):

- ✓ troballa casual
- ✓ troballa buscada

•Pràctiques dissectives amb diverses finalitats: (continuació)

+ artística: pintura i escultura

+ filosòfica: observació del microcosmos (història natural)

+ religiosa:

- ✓ obtenció de relíquies (procedents dels cossos dels sants)
- ✓ contemplació de l'home, creat per Déu a la seua imatge i semblança (el llibre de la natura: la Creació)



# CLAVDII GALENI

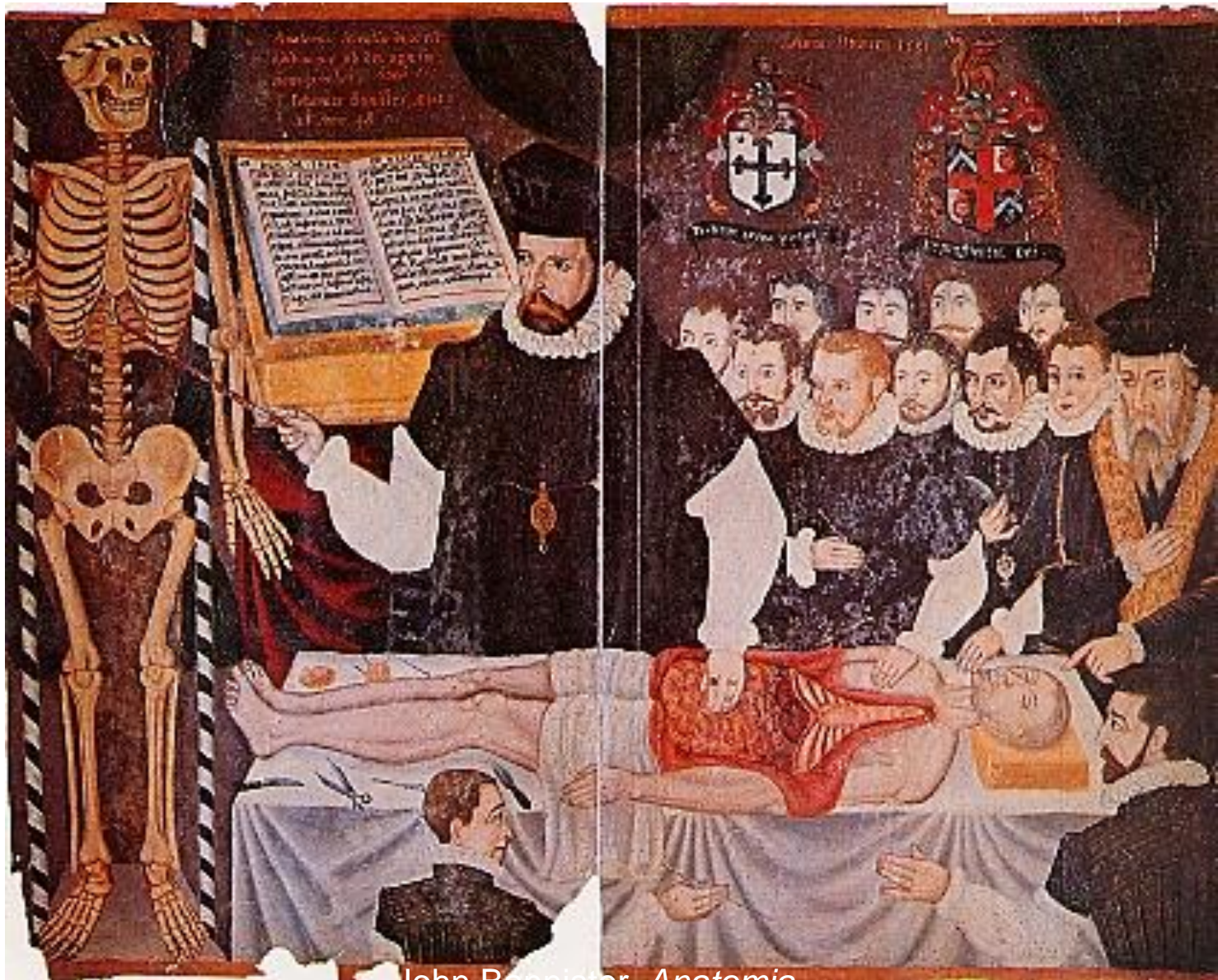
PERGAMENI DE VSV PARTIVM CORPORIS  
HVMANI, NICOLAO REGIO CALABRO  
INTERPRETE, LIBER PRIMVS.



VE MADMODVM animal quoduis, unum esse dicitur,  
propterea quod apparet per quandam circumscriptionem  
propriam, nec ulla parte alijs cōiunctum est: ita &  
ipsius particula, cuiusmodi est oculus, lingua, nasus, cere-  
brum, una esse dicitur, eo quod apparet circumscriptionem  
propriā habere. Si uero nō esset quadantenus con-  
iuncta proximis, sed omnino disiuncta, tunc utique nec  
particula esset omnino, sed absolute & simpliciter unū.  
Quare quęcunq; corpora nec undequaq; circūscriptio-  
nem habent propriam, nec undequaq; coniuncta sunt

CAP. I.

alijs, hæc particulae uocātur. Et si hoc uerum est, multæ erunt animalium particulae:  
altæ quidem maiores, altæ uero minores, altæ autem omnifariam in aliam speciem



John Bannister, Anatomia

*John Bannister impartint una lliçó d'anatomia (1581)*  
Royal College of Surgeons, Londres

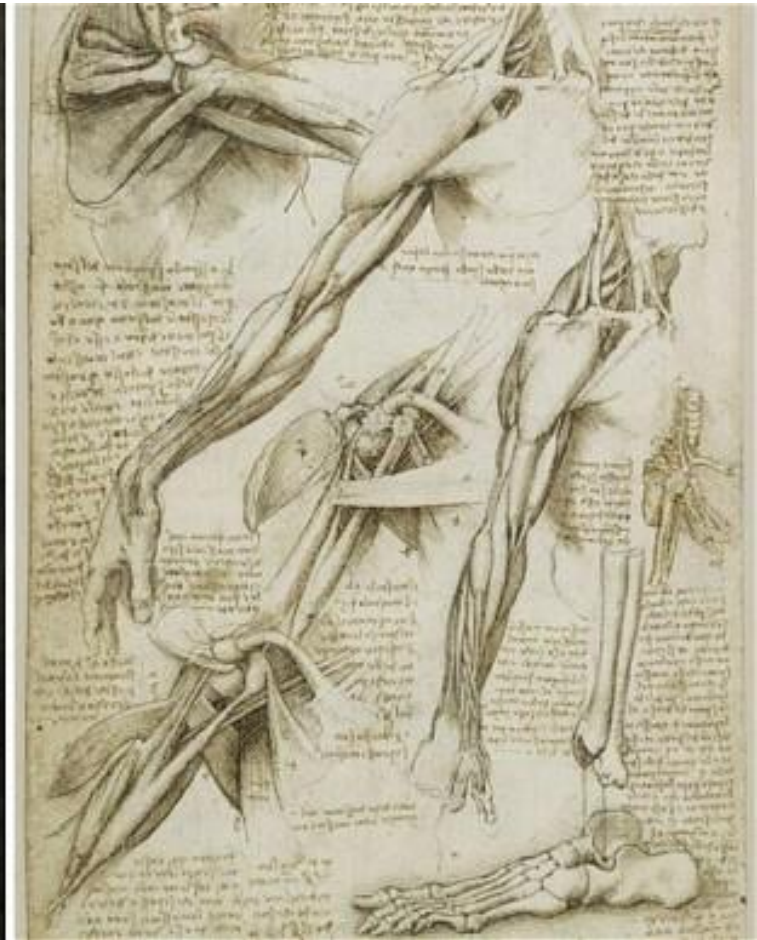




Juan Tomás Porcell (1528-1583) dissecant el cadàver d'una dona durat l'epidèmia de pesta que patí Saragossa.



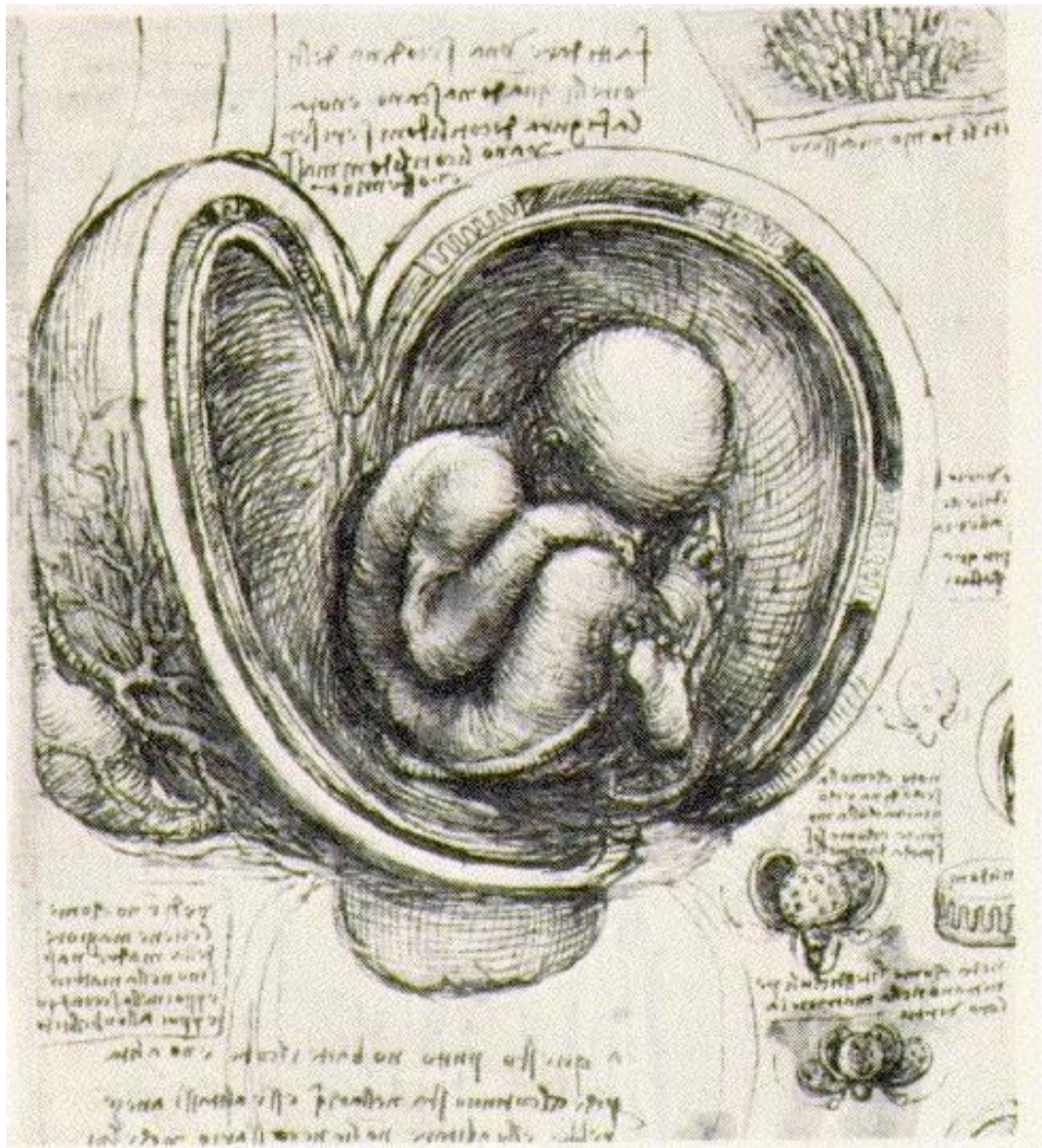




Estudis anatòmics de les extremitats, Leonardo da Vinci.











*Crist mort*, Andrea Mantegna (1470-75)



## **- Diversitat de públics:**

+ metges i cirurgians

+ juristes

+ artistes (pintors i escultors)

+ filòsofs i religiosos

+ estudiants

+ públic en general

## •Diversitat d'espais (teatres anatòmics)

+ a la plaça pública, vora el cadafal

+ als hospitals

+ a les universitats

+ a la seu de les corporacions (sobretot de cirurgians)

+ als convents i monestirs

+ en cases privades

## •Els actors de l'anatomia:

+ el catedràtic (professor)

+ el lector, que recita el llibre de l'autoritat

+ el dissector, cirurgià barber que disseca el cadàver

+ el demostrador, que mostra les peces als presents

- Els cadàvers:

- + condemnats a mort (subjectes coneguts i vilipendiats en públic)

- + pobres malalts morts als hospitals (anònims)

- La dissecció se solia realitzar a l'hivern, especialment pel Carnaval.

- La dissecció, una volta iniciada, no es detenia:

- ✓ primer, les grans cavitats (abdominal, toràcica i cranial);

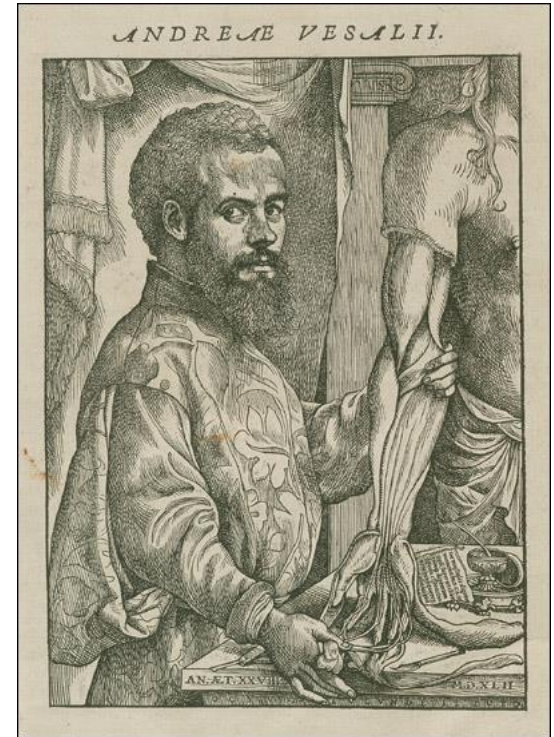
- ✓ després, els nervis i els vasos sanguinis, i per últim

- ✓ pels músculs i els ossos.



## ***De humani corporis fabrica (1543)***

- L'autor, Andreas Vesalius, és un jove metge d'origen flamenc.
- Ensenya anatomia a la Universitat de Pàdua des dels 25 anys.
- El llibre, editat a Basilea, inclou unes excel·lents il·lustracions de Calcar.



Andreas Vesalius  
(1514-1564)

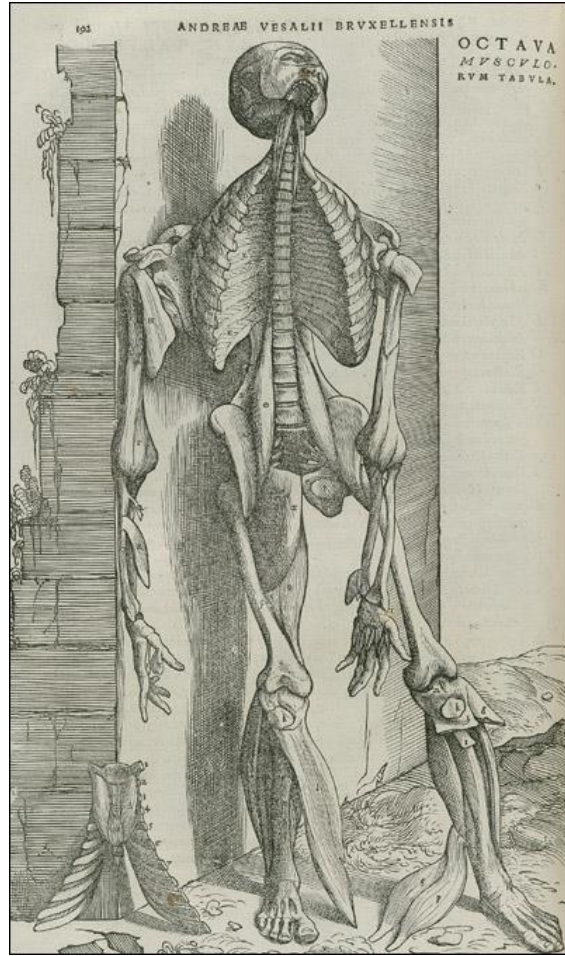
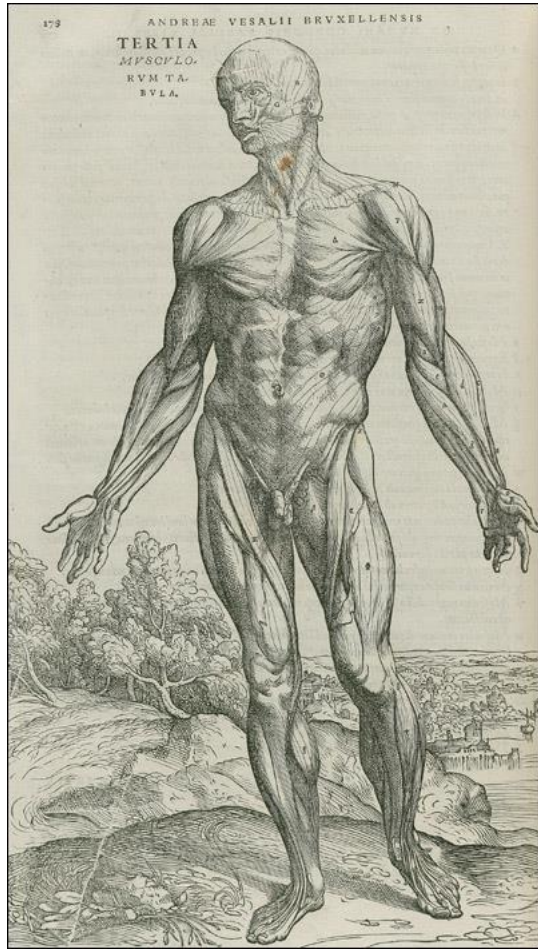


ANDREAE VESALII  
BRVNECLENSIS, SCHOLAE  
medicorum Patavinae professoris, de  
Humana corporis fabrica  
Libri septimum.

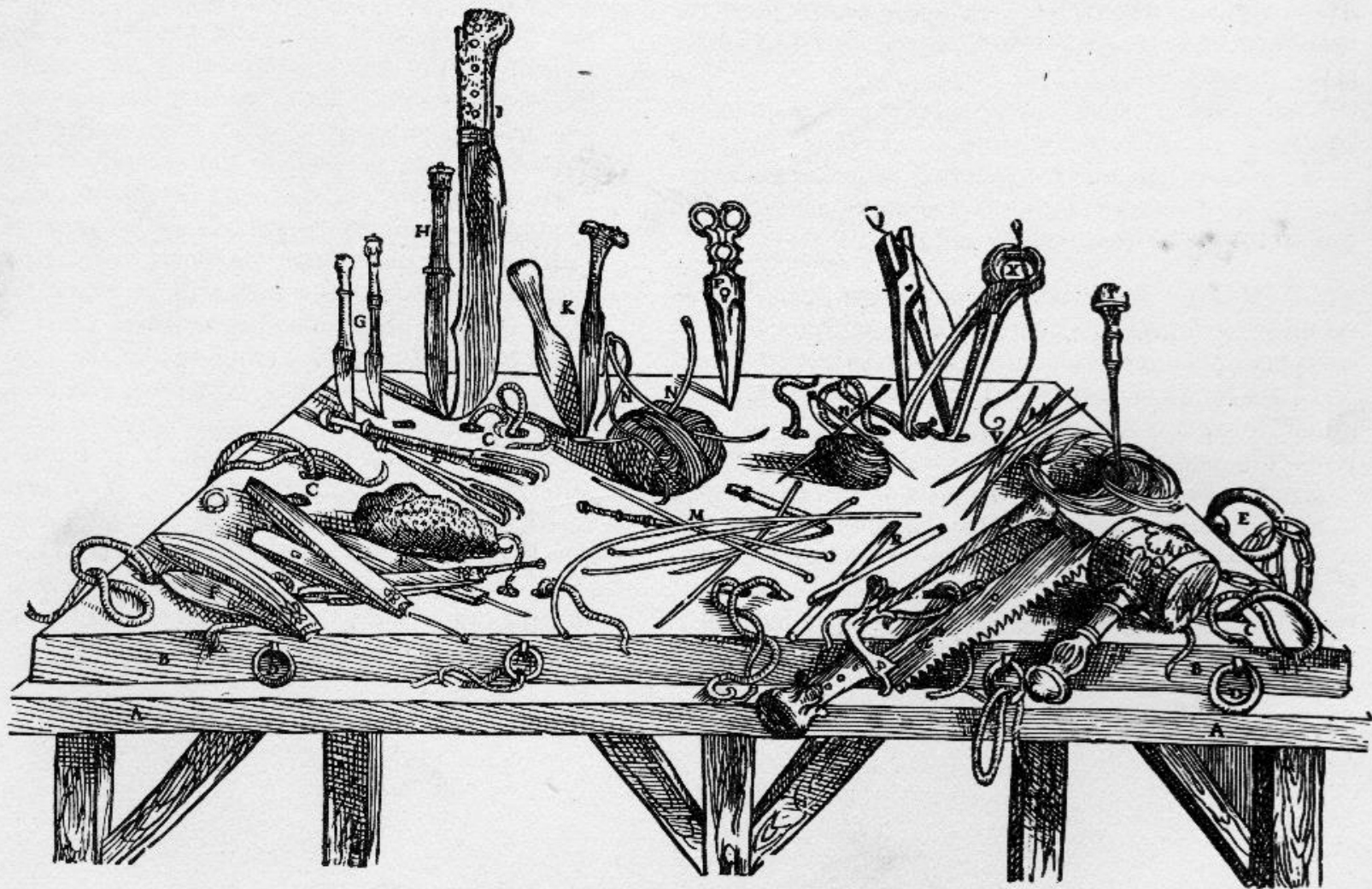
THE UNIVERSITY OF  
MAYNARD COLLEGE LIBRARY, at Harvard University  
1210 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02138











# ***Anatomia statica***

## **•Concepció estàtica de l'anatomia**

+ basada en l'observació del cadàver

+ ofereix una visió arquitectural i sòlida del cos humà

+ descripció per ordre: ossos, músculs i lligaments, artèries i venes, nervis perifèrics i, per últim, les grans cavitats

+ Es descriu en relació amb la figura geomètrica del cub

✓ superior / inferior

✓ medial / lateral

✓ anterior / posterior

- Es descriu la forma (*anatomia statica*) del cos humà, independentment de la funció (*anatomia animata*).
- Amb aquest llibre s'inicia l'anatomia descriptiva o sistemàtica.
- El programa d'estudi sistemàtic del cos humà s'anomena habitualment moviment vesalià.

- El 'moviment vesalià' s'expandeix per tota Europa
  - + creació de càtedres d'anatomia (universitats)
  - + edificació de teatres anatòmics (permanents)
  - + prossecució de l'obra descriptora de Vesalius

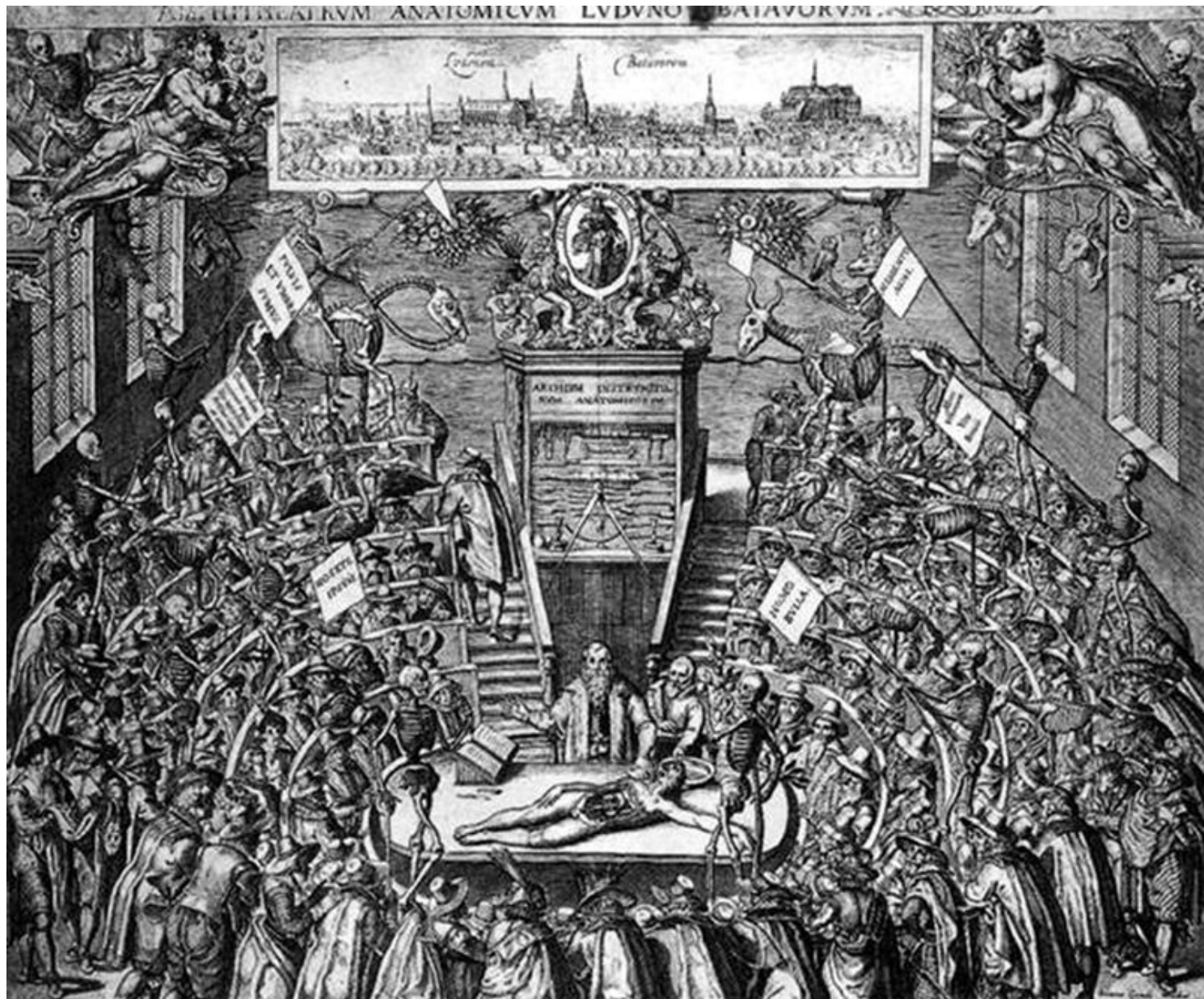




*Lliçó d'anatomia del Dr. Willem van der Meer, Michiel Jansz van Mierevelt (1617)*









Luis Collado Catedratico de Medicina en esta Vniuersidad,  
el Anatomico, que descubrio el huesecito Estapeda organo del oi-  
do no conocido p<sup>r</sup> los antiguos: murio en Val<sup>ia</sup> su patria en 1578.

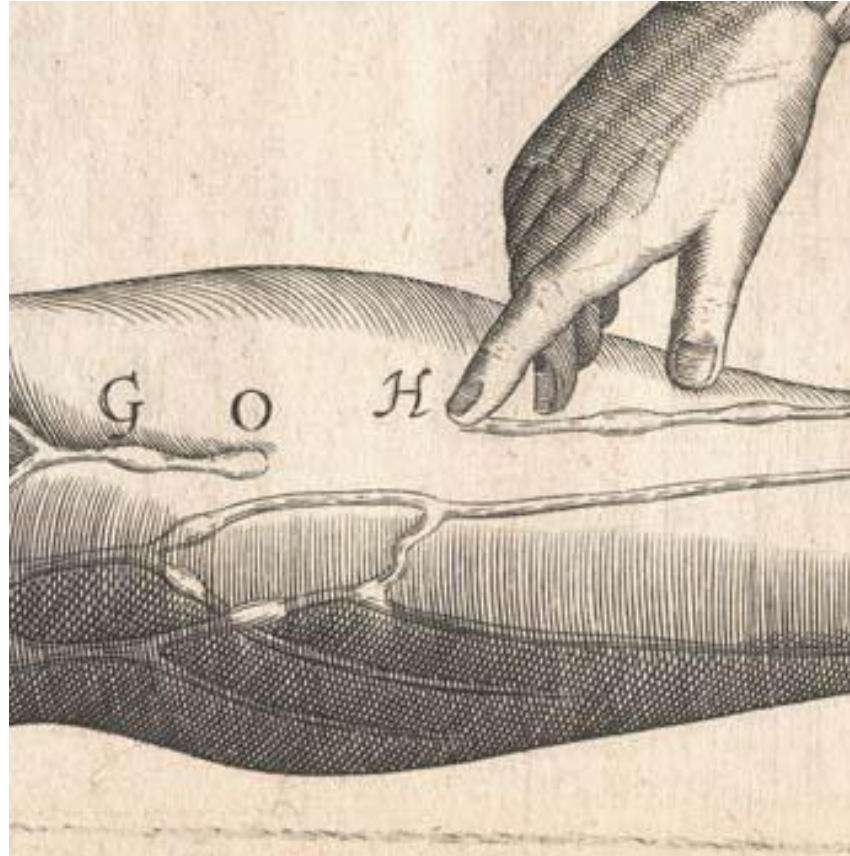


## Lectures recomanades:

Fara, P. “Cuerpos.” *Breve historia de la ciencia*, p. 180-189.

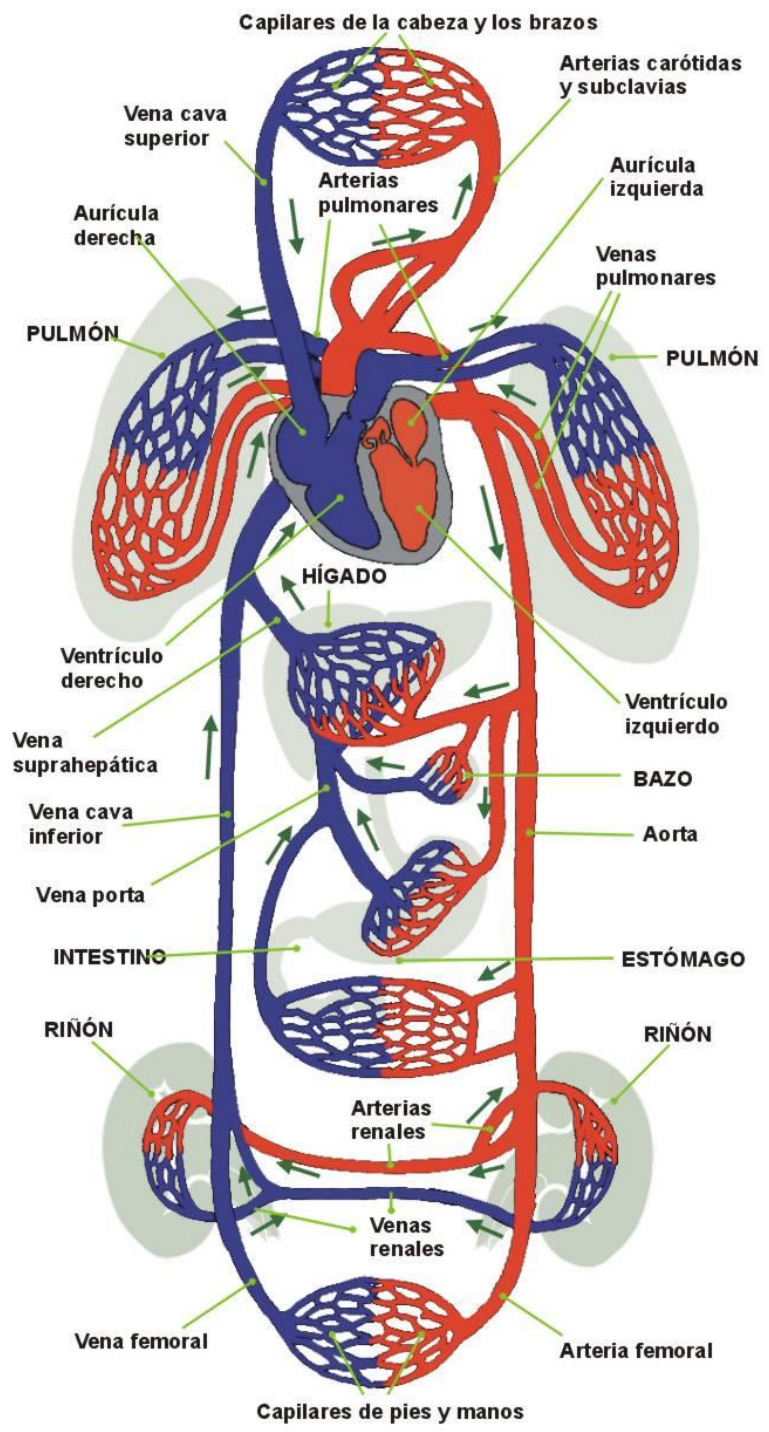
López Piñero, J.M. *Antología de clásicos médicos*. Madrid, Triacastela, p. 139-142.

Pardo Tomás, J. “La anatomía y sus públicos.” *Un lugar para la ciencia. Escenarios de práctica científica en la sociedad hispana del siglo XVI*. Orotava, 2006, p. 13-21.



## 7. Harvey i la circulació de la sang





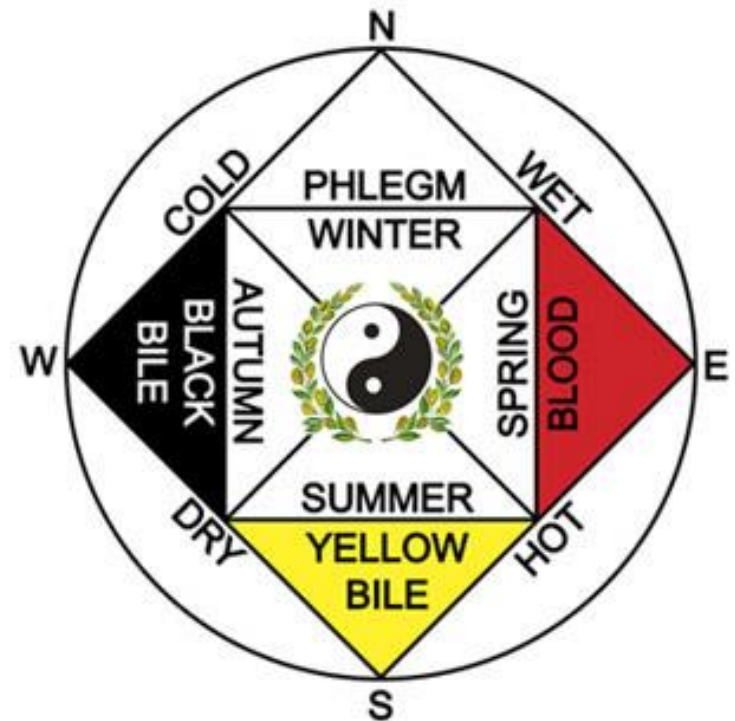
## ***La anatomia animata***

1. El coneixement de la *physis* en l'antiguitat
2. El redescobriment de la circulació menor (Miguel Servet)
3. El programa neoaristotèlic de la Universitat de Pàdua
4. L'obra de William Harvey



# 1. La *physiologia* en l'antiguitat clàssica

- El concepte clàssic de *physiologia*
  - + la natura (*physis*) en moviment  
(transformació) continu
  - + la raó (el *logos*) que cerca la causa i el perquè dels fenòmens
- La doctrina dels quatre elements i els quatre humors
  - + aire, aigua, terra i foc (macrocosmos)
  - + quatre humors: sang, flegma, còlera i bilis negra (microcosmos)



- La “calor innata”:

- ✓ principi vital;
- ✓ activa la respiració, la nutrició, el pols i l’activitat cerebral (el cervell regula la calor que es produeix en el cor esquerre);
- ✓ s’oposa al denominat “humit radical” (l’altre principi vital).

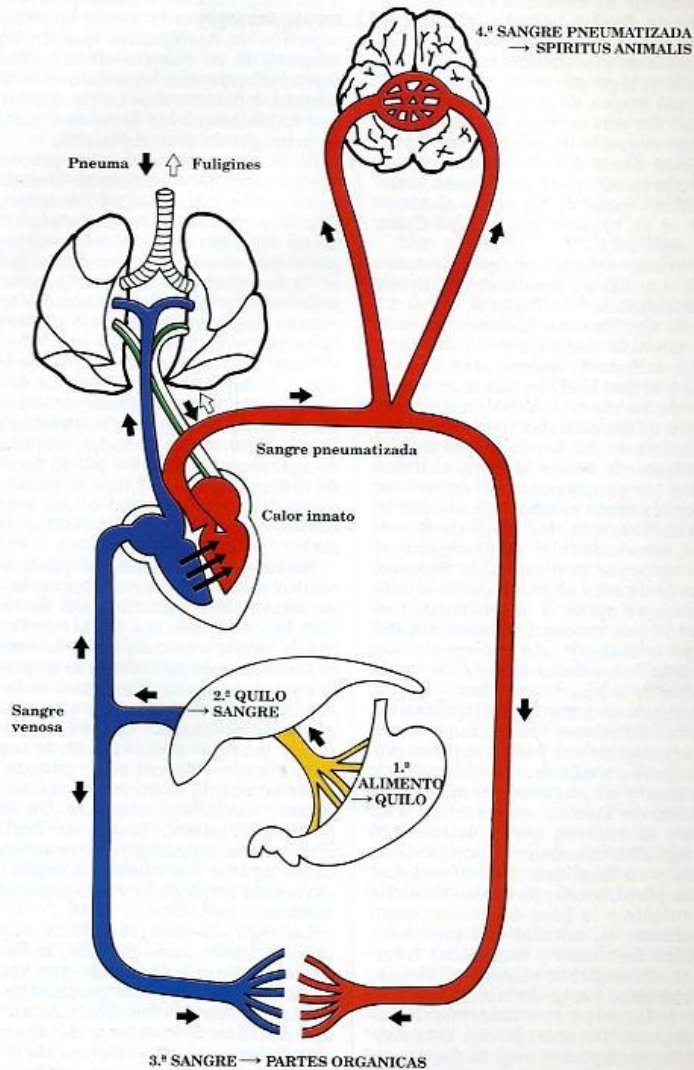
• En la producció de calor (foc) intervenen dos elements principals:

+ el “*pneuma* vivificant” (aire), que penetra amb la inspiració;

+ l’aliment (combustible), que s’ingereix per la boca i que, tot seguit, es transforma en sang al fetge;

+ de la combinació, al cor, del *pneuma* vivificant amb la sang nutritiva provinent del fetge, es desprèn la calor del cos.

## ESQUEMA DEL MOVIMIENTO DE LA SANGRE, SEGUN GALENO



• Pel que fa als animals superiors, tenen lloc **tres digestions**:

- + la primera digestió (aliment → quil)
- + la segona digestió (quilo → sang)
- + la tercera digestió (sang → parts perifèriques)

• Des del fetge, la sang flueix per les venes cap a la perifèria, en sentit centrífug.

• Tres tipus d'ànima:

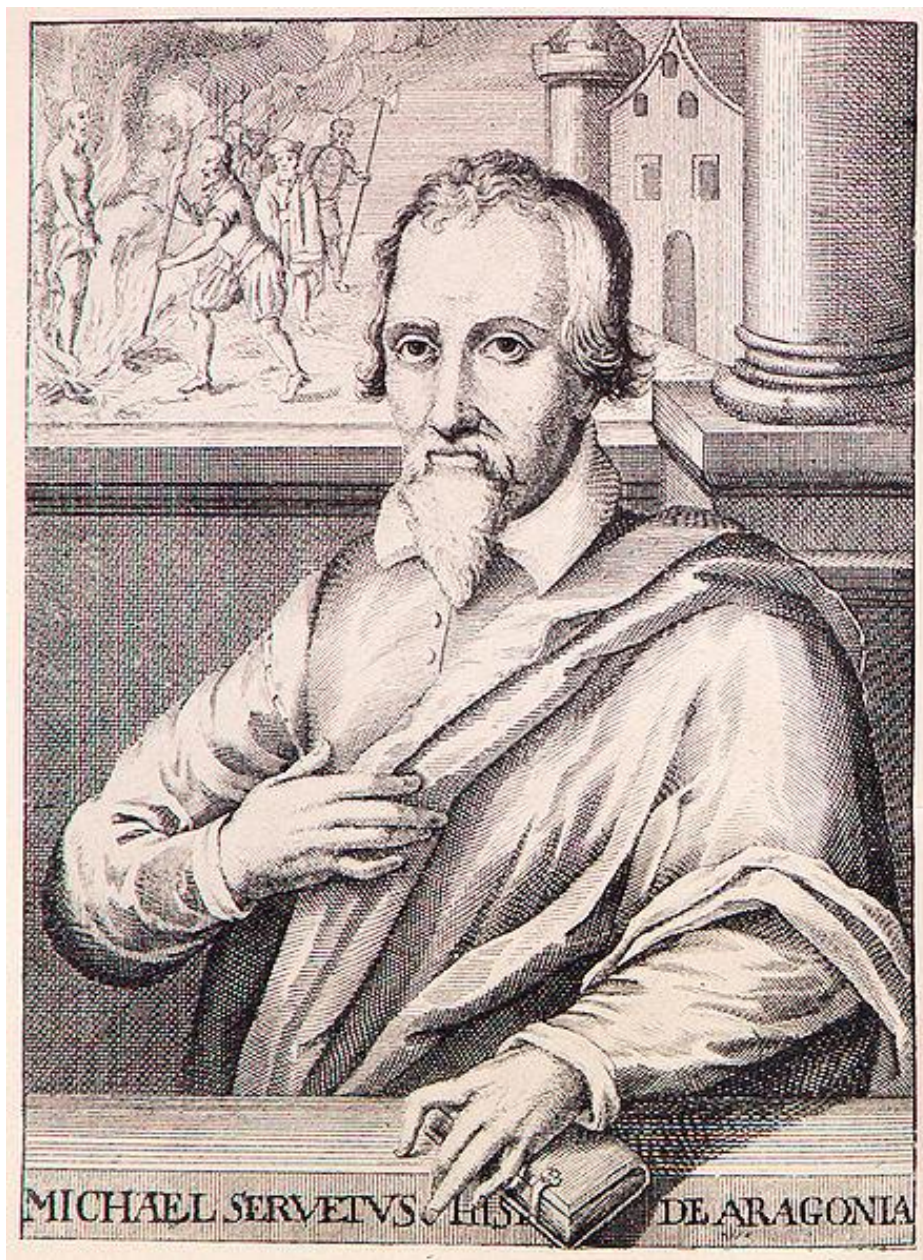
- + esperits (*pneuma*) naturals (fetge) (ànima vegetativa o concupiscible)
- + esperits vitals (cor) (ànima sensitiva o irascible)
- + esperits animals (cervell) (ànima racional)

## 2. El redescobriment de la circulació menor de la sang

- Miguel Servet (1511-1553), en el seu *Christianismi restitutio*,
  - + inclou un capítol dedicat al cor i als pulmons;
  - + nega que la sang travesse el *septum* interventricular;
  - + postula que la sang circula del ventricle dret als pulmons, on s'arterialitza, i després torna al cor (aurícula esquerra).



- A Ginebra l'any 1553 Miguel Servet fou condemnat, junt amb el seu llibre, a la foguera per Calví, que l'acusà de negar la Trinitat i el baptisme dels xiquets.
- De la foguera se'n salvaren molt pocs exemplars, i no es coneix amb seguretat l'impacte directe que causà la troballa de Servet.
- En realitat, la circulació menor havia sigut ja descoberta per un metge egipci, d'origen sirià, Ibn An-Nafis (s. XIII).



MICHAEL SERVETVS HES DE ARAGONIA

### 3. El programa aristotèlic de Pàdua

#### Realdo Colombo

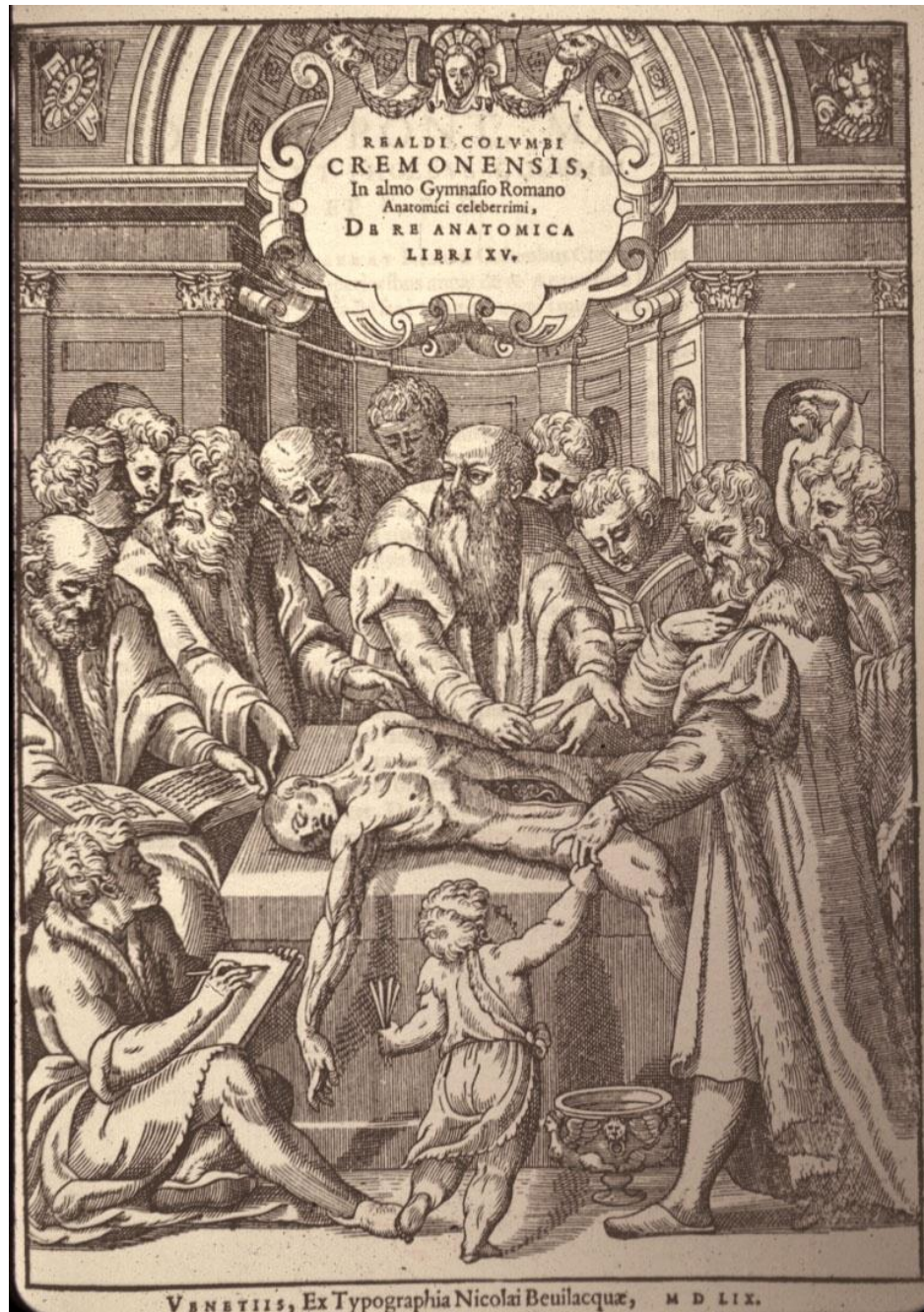
- Cirurgià i professor d'anatomia a Pàdua entre 1544 i 1559,

- + aplica la vivisecció a l'estudi del cor, en especial a la contracció (sístole) i la dilatació (diàstole);

- + nega mitjançant l'observació anatòmica l'existència de porus en el *septum* interventricular;

- + descriu amb precisió la circulació menor: la sang passa del ventricle dret → artèria pulmonar → pulmó → vena pulmonar → aurícula esquerra → ventricle esquerre.





Realdo Colombo  
*De re anatomica*  
Venècia, 1559

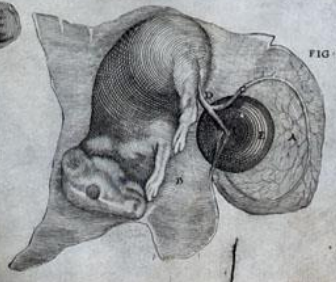
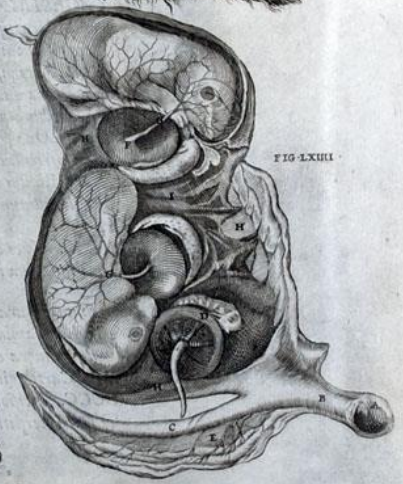


## Girolamo Fabrizio d'Aquapendente (1537-1619)

- Professor d'anatomia a Pàdua, en 1594 encarrega i finança la construcció d'un teatre anatòmic permanent (en fusta).
- Desenvolupa un programa d'estudi dels éssers vius inspirant-se en la zoologia d'Aristòtil:
  - + s'aplica a la dissecció d'animals vius i morts, a més de cadàvers;
  - + estudia:
    - ✓ l'embrió de diverses espècies (embriogènesi)
    - ✓ la laringe, l'oïda
    - ✓ el vol de les aus
    - ✓ les vàlvules venoses
- + Entre els seus deixebles destaquen:
  - ✓ Julius Casserius (*De vocis auditasque organis historia anatomica*)
  - ✓ **William Harvey**







## 4. L'obra de William Harvey (1578-1657)

- Primers estudis a Cambridge (Bachelor of Arts).
- A Pàdua, es gradua (1602) en medicina.
- Deixeble de Fabrizio d'Acquapendente:
  - ✓ adopta el seu programa (aristotèlic) d'investigació de les funcions dels éssers vius;
  - ✓ estudia per mitjà de tècniques de vivisecció el paper de les vàlvules venoses i el moviment de translació de la sang, el pols i la contracció cardíaca (el paper principal del cor).
- Tornat a Anglaterra, treballa al St. Bartholomew Hospital i ensenya anatomia al Royal College of Physicians de Londres.
- En 1628 publica *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*.



EXERCITATIO  
ANATOMICA DE  
MOTV CORDIS ET SAN-  
GVINIS IN ANIMALI-

BVS, *Vulget.*

GVILIELMI HARVEI ANGLI,  
*Medici Regii, & Professoris Anatomia in Col-  
legio Medicorum Londinensi.*



FRANCOFVRTI,  
Sumptibus GVILIELMI FITZERI.

ANNO M. DC. XXVIII.



Figura 1.

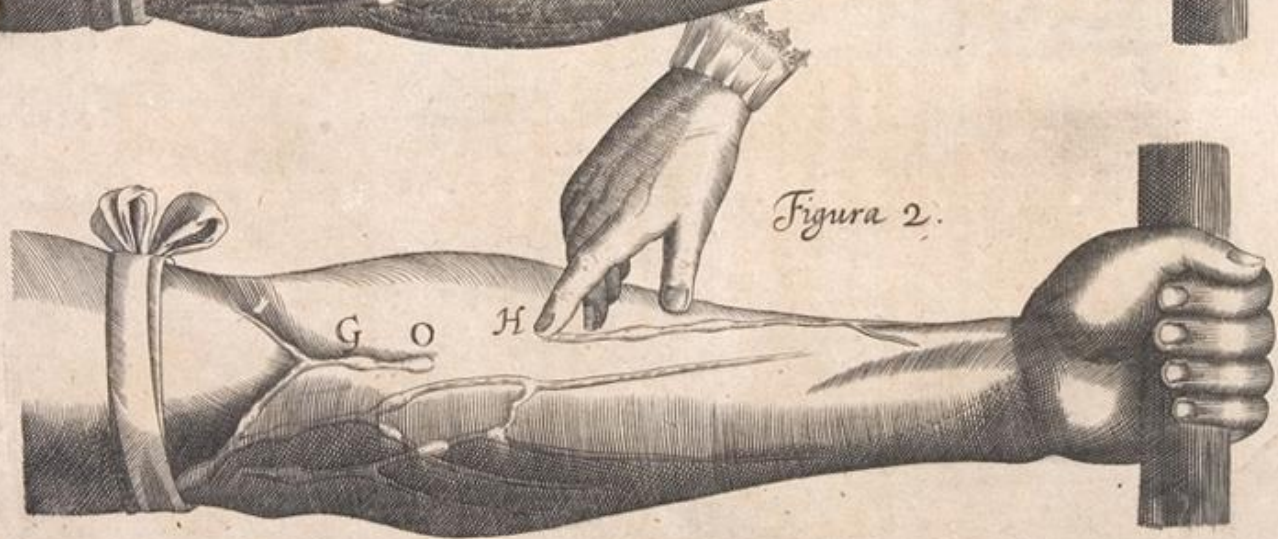
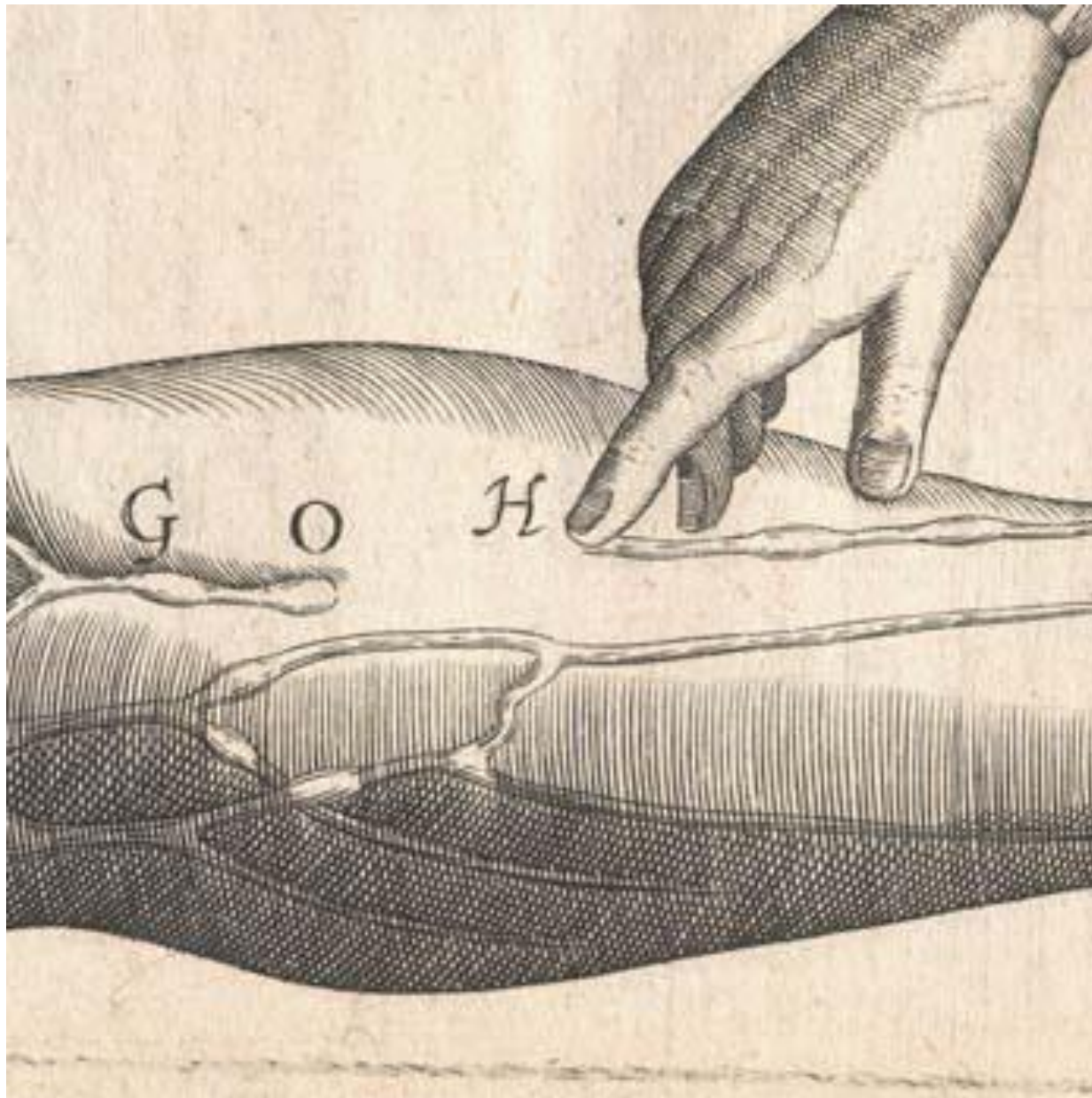
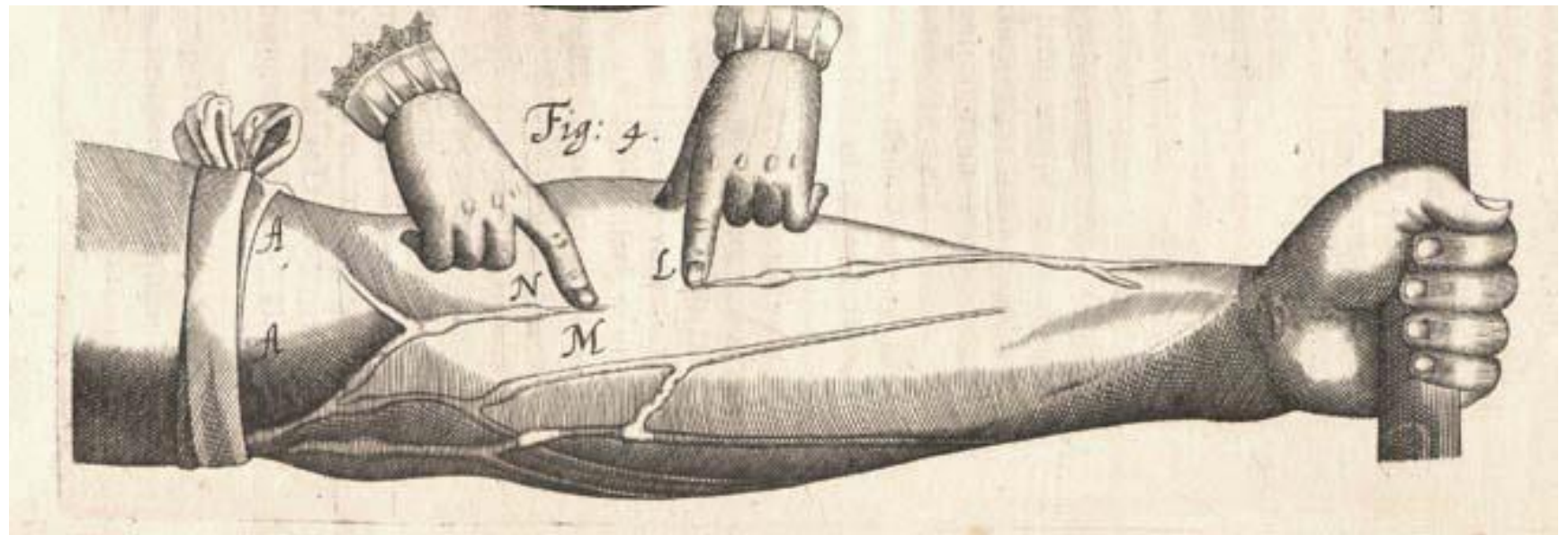


Figura 2.

vide hanc figuram expirationem supra fol. 56. 57







Hunterian Museum  
(Glasgow University Library)



## Argument quantitatiu:

- La quantitat de sang en cada contracció cardíaca: 5 g  
(el nombre de contraccions / hora: 3.600)
- La quantitat de sang enviada a l'aorta / hora: 18.000 g.
- La quantitat de sang bombejada a la aorta / dia: 432.000 g.

Nota: Harvey no comptava en grams i quilograms, sinó en onces i lliures.

## **Corol·lari:**

“Com que la quantitat de sang enviada, cada dia, des del cor per l'aorta a l'arbre arterial és molt superior a la quantitat d'aliment ingerit diàriament, cal que la sang expel·lida torne al cor de bell nou, descrivint un cercle [circulació] al voltant del cos.”

L'experiència (“experimentum”) de Harvey combina:

- Una *idea a priori* (el cor centre del cos, com el sol, centre de l'univers).
- L'observació anatòmica (la conformació de les vàlvules venoses, el flux i l'obstrucció de la sang).
- Un argument quantitatiu (el càlcul de la quantitat de sang).
- Un corol·lari o conclusió.

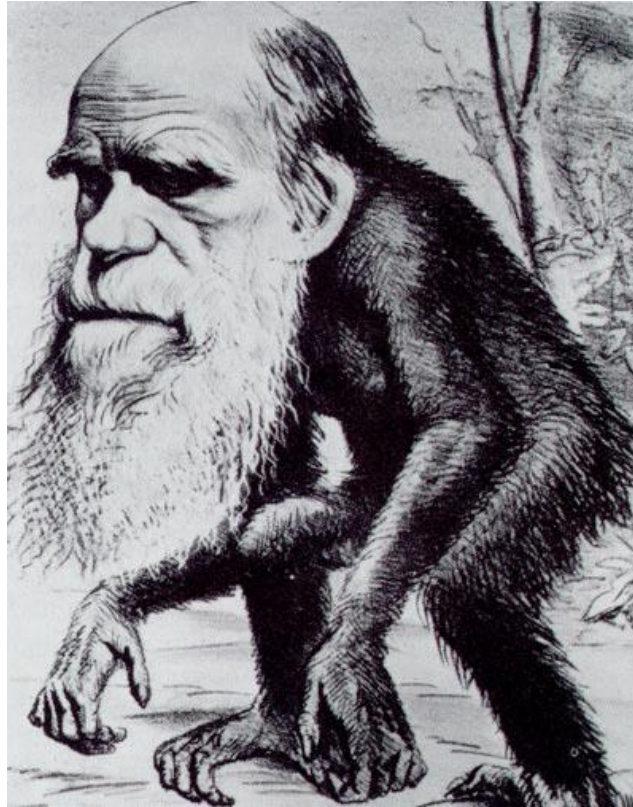




## Lectures recomanades:

Fara, P. "Cuerpos." *Breve historia de la ciencia*, p. 181-189.

Albarracín Teulón, A. *Harvey. El movimiento del corazón y la sangre*, Madrid, Nívola, 2001.



## 8. Del fixisme a l'evolucionisme



# Del fixisme a l'evolucionisme

## 1. El fixisme creacionista

- la natura, la terra i la vida
- la *Scala naturae*
- els fòssils i altres qüestions

## 2. Les primeres formulacions del transformacionisme

## 3. L'evolucionisme

- Lamarck
- Darwin

## 4. Degeneracionisme i eugenèsia

- el problema de la degeneració en la Revolució Industrial
- un programa de regeneració del gènere humà

# 1. El fixisme creacionista

Totes les societats humanes han desenvolupat rituals i narracions sobre l'origen i la fi del món, la mort, els canvis, les successions, etc.

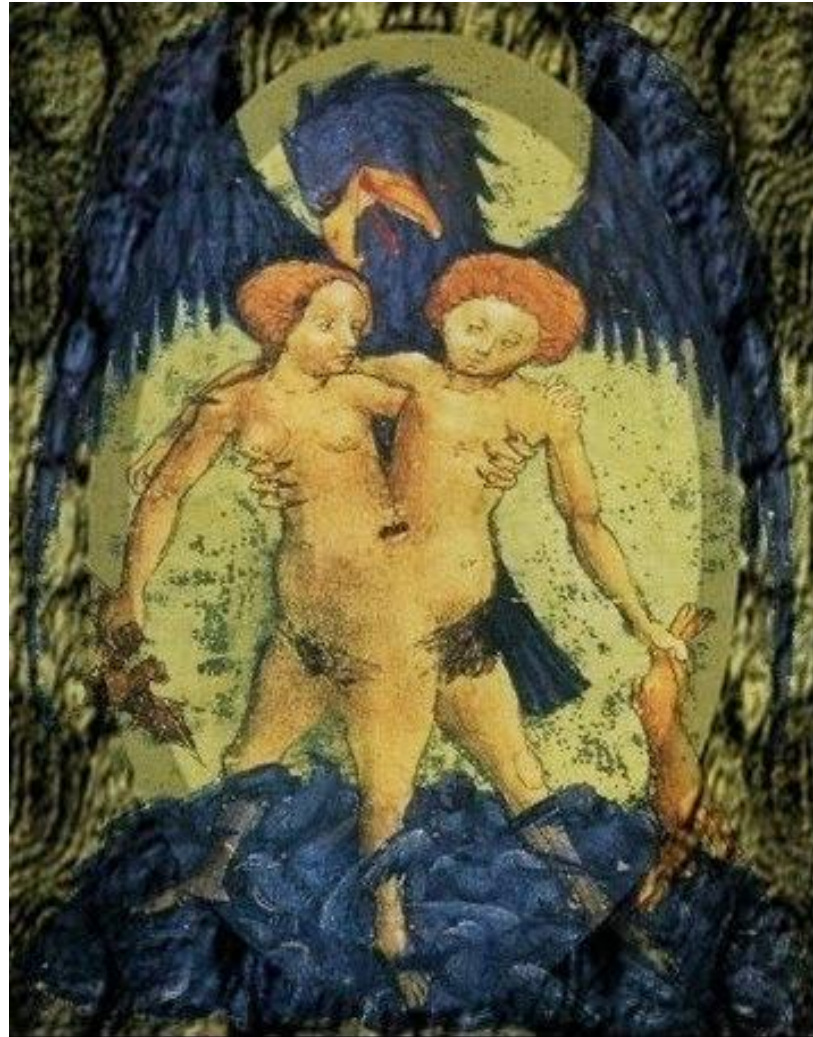
Exposicions narratives (més o menys mítiques o racionals) que

- + donen sentit a l'ací i a l'ara (espai i temps);
- + expliquen les transformacions (moviments, mutacions, canvis);
- + donen compte dels cicles (diaris, estacionals, astrals);
- + justifiquen la jerarquia i l'ordre social;
- + afavoreixen la cohesió i el govern de la societat.





Torre de Babel (*Gènesi* 11: 1-9):  
“el senyor els dispersà sobre tota la terra”



El mite de l'Androgin (*El Banquet*, Plató)

## En la filosofia natural (tradicional)

- la natura:

- + realitat definitiva, immutable, acabada
- + regida per lleis pròpies
- + supeditada a l'omnipotència divina (conciliació de la idea de Déu i de la idea de natura)



Johann Scheuchzer, *Física sagrada, o història natural de la Bíblia*, 1731

- la Terra:

+ creada per Déu (principi i fi)

+ acte únic, però creacions successives

+ situada al centre de l'univers

+ datada segons el Gènesi (primer llibre de la Bíblia) fa uns 6.000 anys

- els éssers vius:

+ integrats per una matèria (cos) i una forma (ànima)

+ pertanyents a espècies immutables

+ la doctrina de la generació espontània

+ desenvolupament embrionari: epigènesi

+ relacionats entre si per la *Scala Naturae*

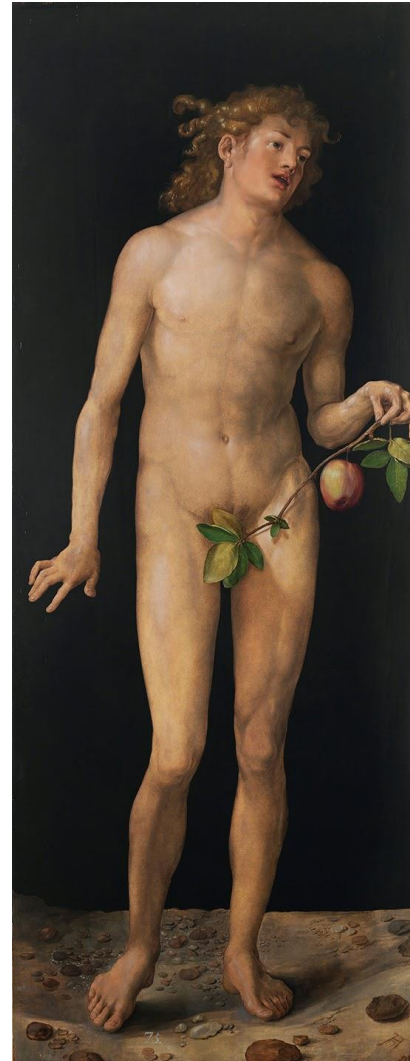


- l'home:

+ integrat per un cos (mortal)  
i una ànima (immaterial,  
racional)

+ en la visió cristiana, una  
ànima creada per Déu a la  
seua imatge

+ “un animal racional”



## Scala Naturae

• Entre els distints éssers, tant vius com inanimats, hi hauria una **complexitat gradual i creixent**:

+ dalt de tot se situaria l'home (animal racional);

+ la natura no fa salts (*horror vacui*);

+ la complexitat no correspondria tant al cos com a l'ànima.

• La *Scala Naturae* (la gran cadena dels éssers naturals) suposa **una concepció essencialista** dels éssers vius i no vius: les entitats existents es mantindrien invariables des dels orígens del món (fixisme).

L'HOMME.
Orang-Outang.
Singe.
QUADRUPÈDES.
Ecureuil volant.
Chauve-souris.
Annéele.
OISEAUX.
Oiseaux aquatiques.
Oiseaux amphibies.
Poissons volans.
POISSONS.
Poissons rampans.
Anguilles.
Serpens d'eau.
SÉRPENS.
Limaces.
Limçons.
COQUILLAGES.
Vers à tuyau.
Téignes.
INSECTES.
Gallinacées.
Tent., ou Solitaire.
Polypes.
Ombres de Mer.
Sentinelles.
PLANTES.
Lichens.
Mouffettes.
Champignons, Agarics.
Truffes.
Cornes & Coralloides.
Lithophytes.
Amibans.
Tales, Gryps, Sténites.
Andoies.
PIERRES.
Pierres figurées.
Cristallisations.
SELS.
Vitrails.
METALLS.
DEMI-METALLS.
SOUFRÉS.
Bismes.
TERRES.
Terre pure.
EAU.
AIR.
FEU.
Minères plus fabriques.

- La noció d'espècie fou definida per John Ray (1627-1705):

“totalitat d'individus similars que procedeixen de la mateixa llavor, es reproduïxen entre ells i tenen descendència semblant als progenitors”.

- La taxonomia: ordenació de les espècies de manera coherent, això és, d'acord amb criteris diferenciadors (taxons).

- Linné, un dels màxims exponents del fixisme, establí la classificació sexual dels vegetals i els ordenà segons categories jerarquitzades (espècie, gènere, ordre, classe, regne).

## Els fòssils

•Els fòssils, obtinguts sovint per excavació, els considerem avui restes d'èssers vius pretèrits (plantes o animals):

- + esquelets, closques, petxines, etc.;
- + a vegades són els seus rastres (siluetes);
- + petrificats a partir de minerals propers;
- + conserven en part l'estructura original.

•Admirats i cobejats per la seua raresa en els gabinets de curiositats, eren considerats formacions pètries independents que haurien existit com a tals en els orígens del món.





•Entre el segle XVI i el XVIII es plantejaren nombroses qüestions que tenien molt difícil resposta dins d'una lectura literal de la Bíblia.

–Els fòssils plantejaven diversos problemes:

+ Havien estat creats per Déu com a pedres?

+ Eren, igual que els monstres, capricis de la natura?

+ Eren les restes del Diluvi universal?

+ Quina era l'edat de la terra?

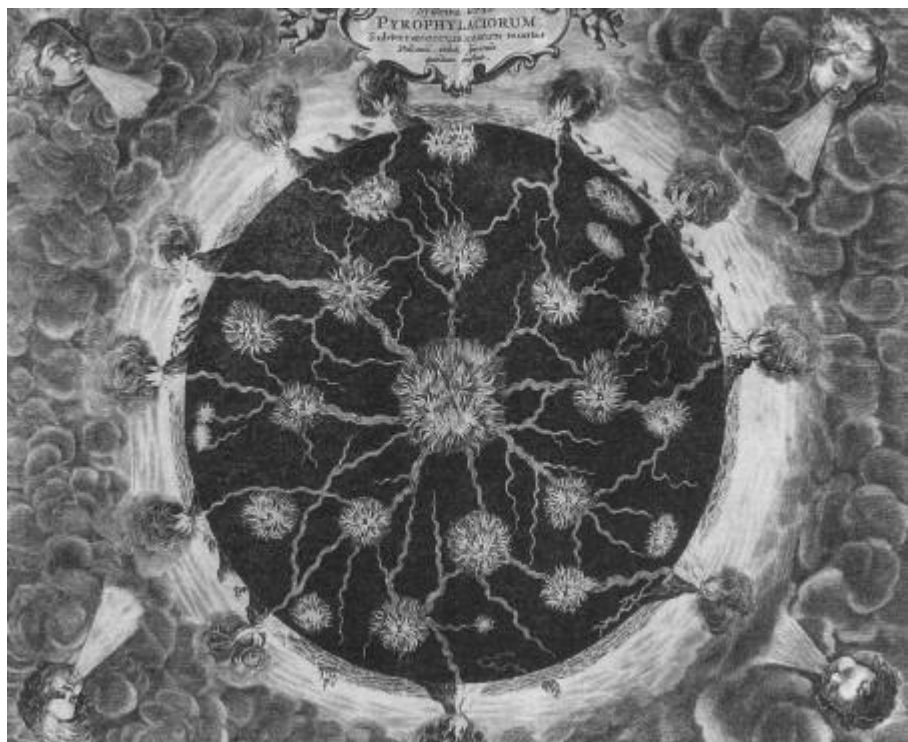


En el segle XVII, el microscopista anglès Robert Hooke:

+ relacionà els fòssils amb éssers preexistents, però ja desapareguts;

+ introduí **la idea d'extinció** (=> els éssers vius tenen història).

Robert Hooke,  
*Posthumous Works*,  
1705



Anasthasius Kircher,  
*Mundus Subterraneus*.  
1664

- Els terratrèmols, els volcans i les aigües termals suggerien la idea d'un foc interior, dins l'esfera terrestre, i d'una natura en continua formació i transformació, capaç inclús de produir nous minerals

•A més del registre fòssil i d'una terra en contínua formació, sorgiren noves preguntes que semblaven avalar la idea de la variabilitat:

- la diversitat de races humanes i, sobretot, de races animals;
- la domesticació d'algunes espècies animals;
- l'existència d'espècies híbrides en agricultura i en jardineria.

•La flora i la fauna americanes, així com la presència d'éssers humans al Nou Món, eren un enigma:

- Havia estat universal el Diluvi (universal)?
- Eren els indis americans descendents d'Adam i Eva?



## 2. El transformacionisme: primeres formulacions

- Des de l'antiguitat, alguns **corrents filosòfics** afavorien una visió transformacionista dels éssers vius:

“moltes races d'éssers vius deuen haver mort perquè han estat incapaces de reproduir-se i continuar la seua estirp” (Empèdocles d'Agrigent, s. V aC)

- En el segle XVIII, alguns naturalistes –francesos la major part–, des de la idea de progrés i sobre el rerefons de la *scala naturae*, enunciaren formulacions transformistes marcadament especulatives, però que **intentaven explicar la diversitat i la variabilitat de les espècies.**

•Benoist de Maillet (1659-1738), en el seu llibre pòstum titulat *Telliamed, o diàleg entre un filòsof indi i un missioner francès sobre la disminució del mar, la formació de la Terra i l'origen de l'home* (1748) exposa que:

- + La Terra hauria estat, en els inicis, un cos incandescent.
- + Es refredà a poc a poc produint una mescla d'aigua i fang.
- + Les primeres formes de vida aparegueren a la mar.
- + Els éssers vius s'adaptaren gradualment al medi terrestre.



- L'entomòleg Charles Bonnet (1720-1793), defensor del fixisme,
  - + **negà l'existència de les espècies** (sols els individus són reals);
  - + postulà **la constància dels gèrmens** (no de les espècies);
  - + concebé **l'embriogènesi com una recapitulació de la *scala naturae***.
  
- El naturalista Georges Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788), autor de la *Histoire naturelle, générale et particulière* (París, 35 volums, ampliat a 44 pels seus col·laboradors), qüestiona la constància absoluta de les espècies, prova l'existència d'hibridacions i reflexiona sobre l'edat i la història de la terra (*Les époques de la natura*, 1778), i obre les portes a la idea de degeneració.





Musée d'Histoire Naturelle (Paris)





Musée d'Histoire Naturelle (Paris)



Georges Cuvier (1769-1832): paleontologia i anatomia comparada



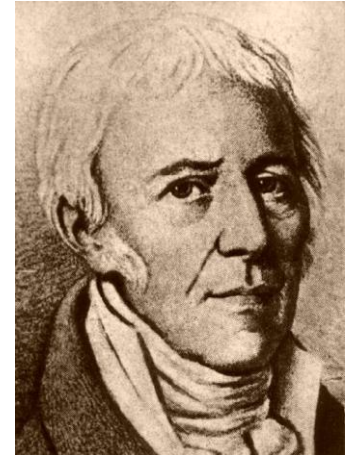
## 3. L'evolucionisme

### 3.1. L'evolucionisme de Lamarck

- Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)

- + Successor de Buffon al *Musée d'Histoire Naturelle*.
- + Treballa en el París postrevolucionari.
- + Se situa en el trànsit de la història natural a la biologia.

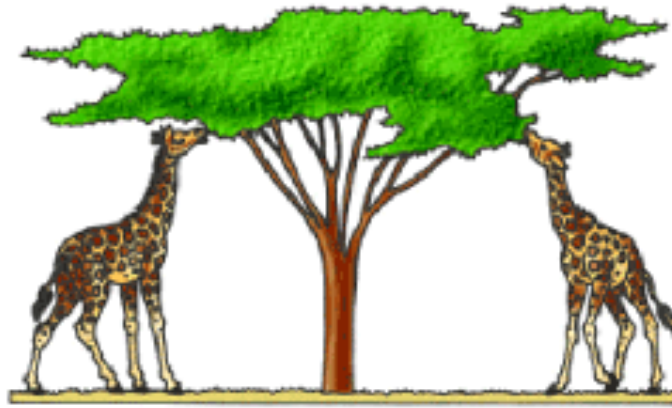
“Tot el que és comú als vegetals i als animals, igual que totes les facultats que són pròpies de cada un d'aquests éssers sense cap excepció, ha de constituir l'únic i vast objecte d'una ciència particular que no s'ha fundat encara, que encara no té un nom, i a la qual donaré el nom de **biologia**.”



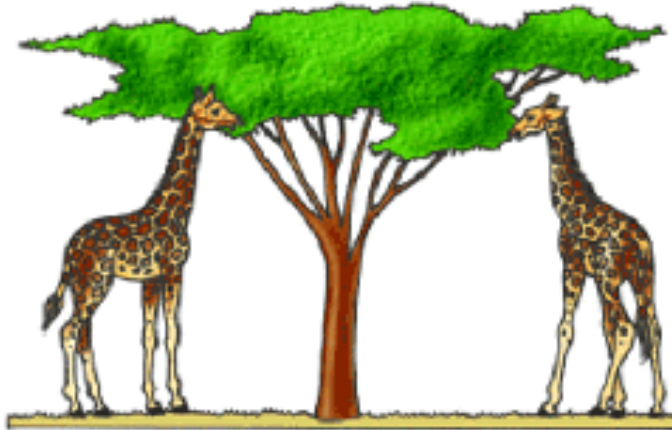
- **Furibund antifixista.**
- Defensa que les espècies són canviants: estan subjectes a **les condicions del medi**, cosa que provoca hibridacions i **adaptacions incessants** dels seus components.
- Es basa en tres principis fonamentals:
  - a) La ***scala naturae*** no és una mera ordenació de la pluralitat d'espècies, sinó **una successió filogenètica** deguda a la tendència dels éssers vius cap a la perfecció.
  - b) La llei de l'ús i del desús dels òrgans (hipertròfia o atròfia).
  - c) La transmissió dels caràcters adquirits a la descendència.



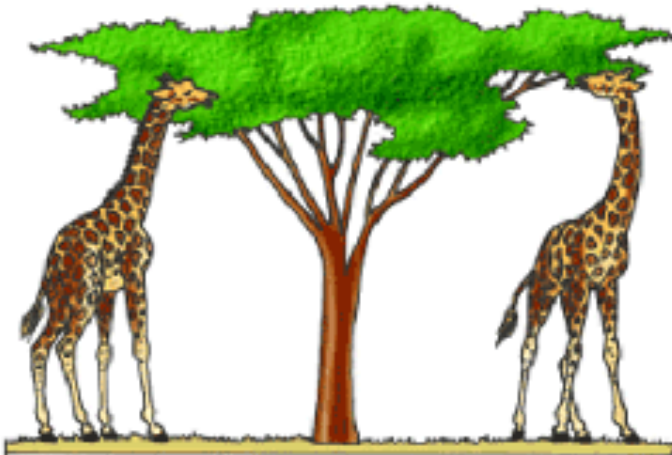
1



2



3



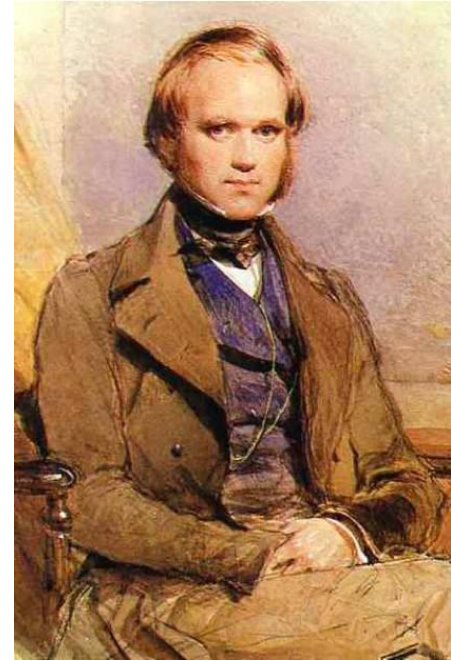
## 3.2. L'evolucionisme de Darwin

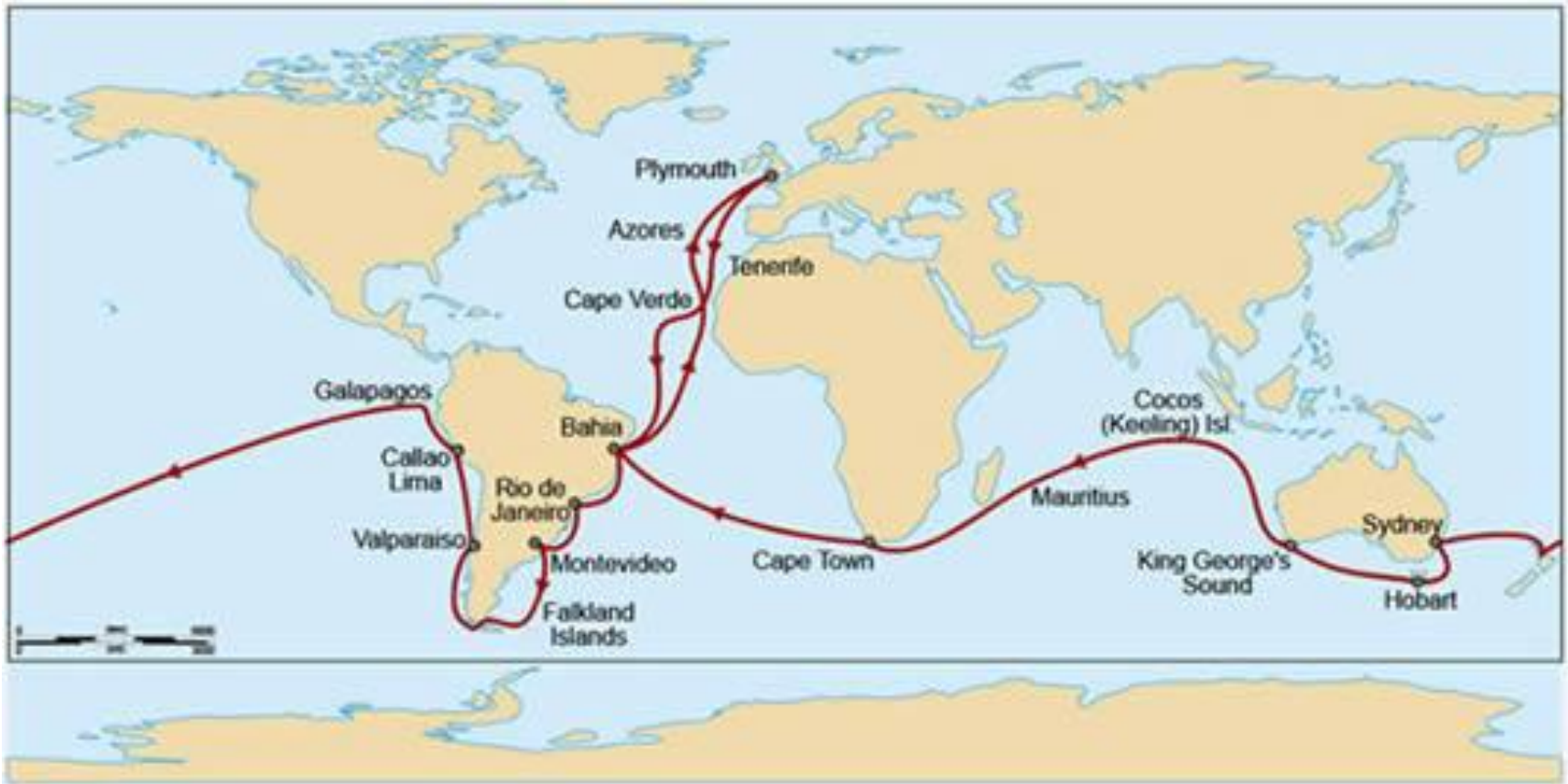
### - Charles R. Darwin (1809–1882)

- + Carrera de medicina a Edimburg.
- + Es formà com a naturalista a la Universitat de Cambridge.
- + Enlluernat per les expedicions científiques (Cook, Forster, Humboldt) als “nous” continents.

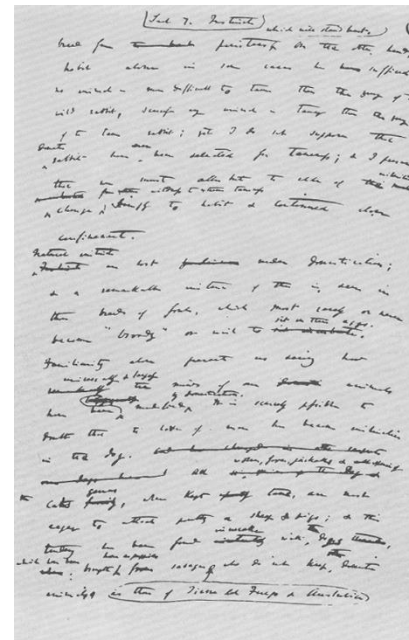
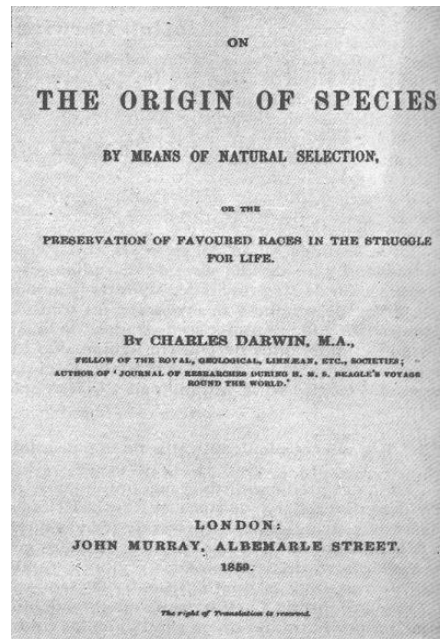
### - Context:

- + L'acumulació d'estudis botànics, zoològics, paleontològics, geològics.
- + La formació de la Terra es deuria a canvis continus però graduals (Lyell).
- + L'expansió colonial europea (explotació, evangelització, civilització).
- + El moviment filantròpic contrari a l'esclavitud.
- + El maltusianisme (*Essay on the principles of population*, 1798).





Viatge del Beagle, 1831-1836



- Publicacions (selecció):

*Voyage of the Beagle* (1839)

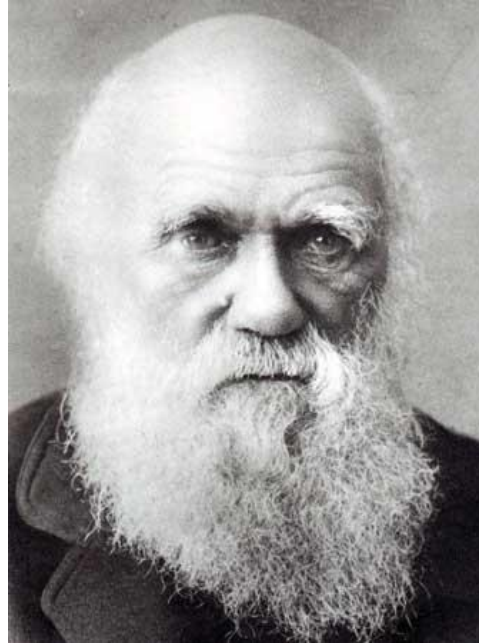
***On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*** (1859)

*The variation of animals and plants under domestication* (1868)

*The descent of man, and selection in relation to sex* (1871)

*The expression of emotions in man and animals* (1872)

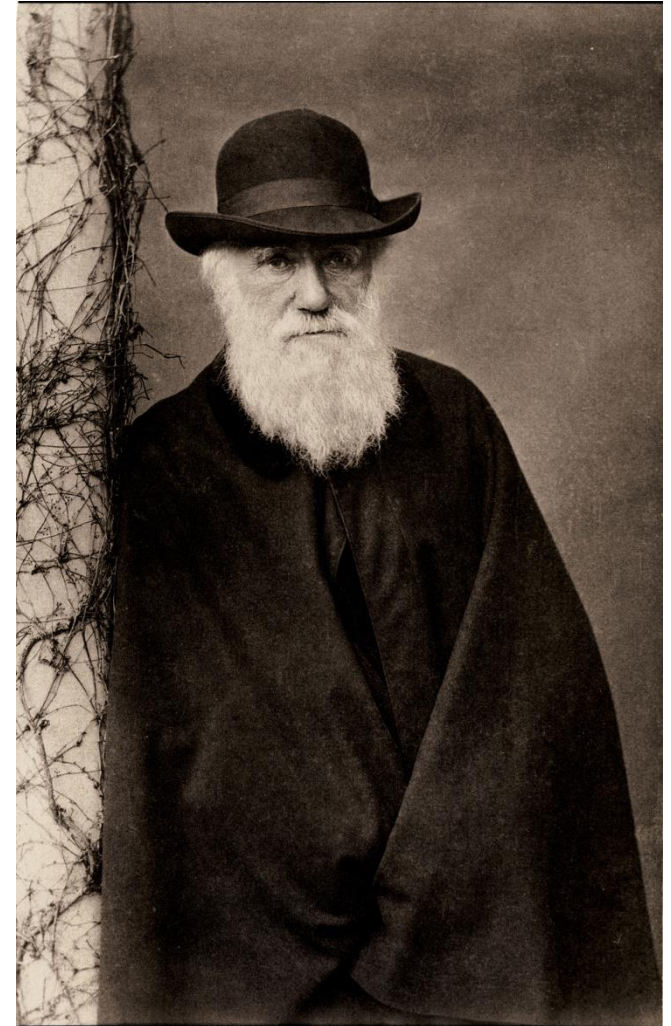


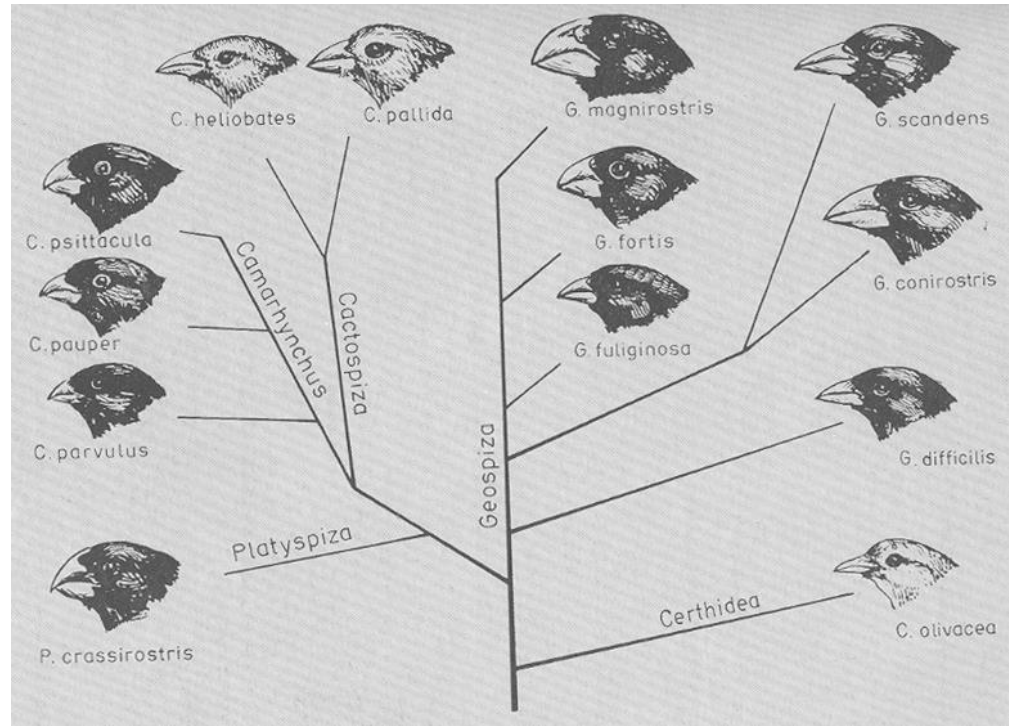
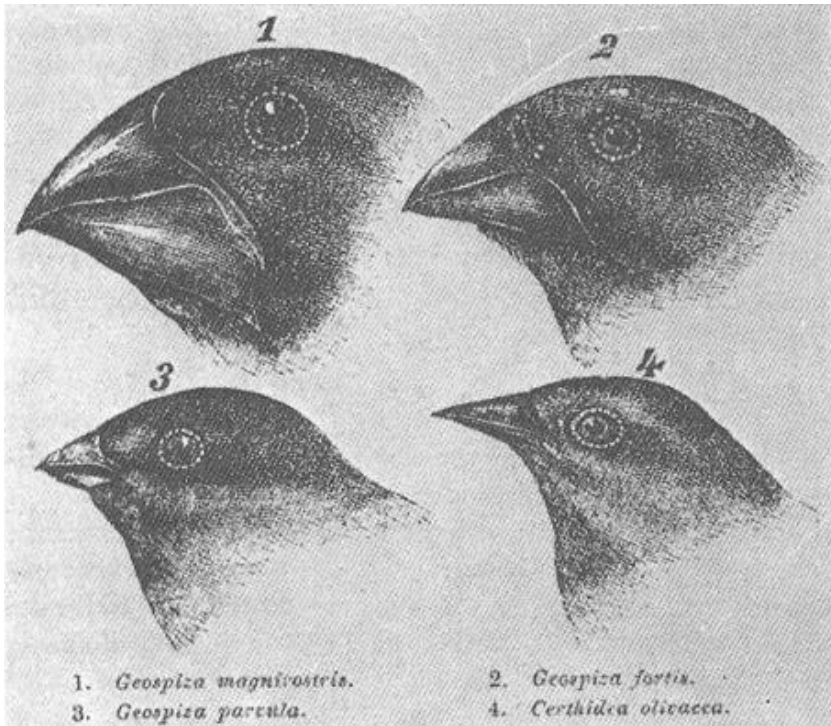


Charles Darwin, *Autobiografia*.  
València, PUUV – Monografies Mètode, 2009

## Darwinisme: principis

- **El model arborescent:** totes les espècies actuals procedeixen de la transformació gradual i ramificada d'espècies anteriors.
- La **selecció natural:** la causa de la contínua transformació de les espècies és la lluita dels individus per la supervivència (*struggle for life*) en el medi on habiten.
- **Negació de la teleologia:** els individus i les espècies més adaptades són aquelles que sobreviuen (no hi hauria un projecte previ).
- **Herència:** els caràcters estructurals i fisiològics desenvolupats en aquest procés de lluita per la supervivència es transmeten a la descendència.

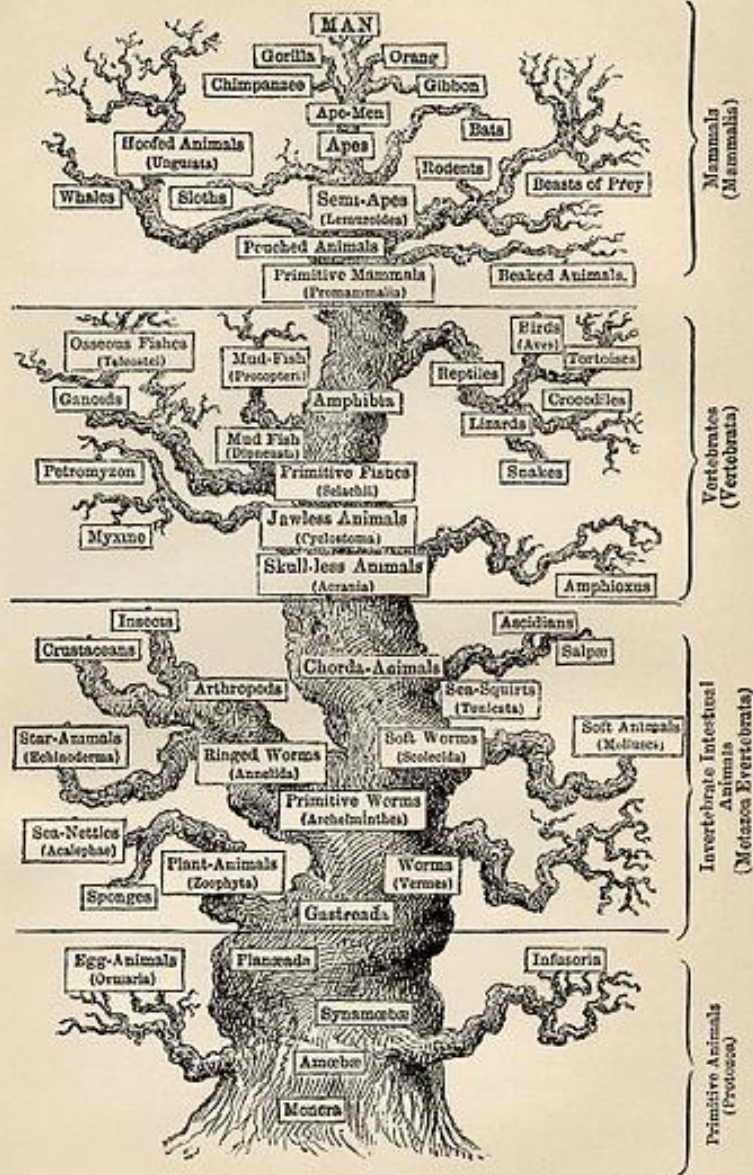




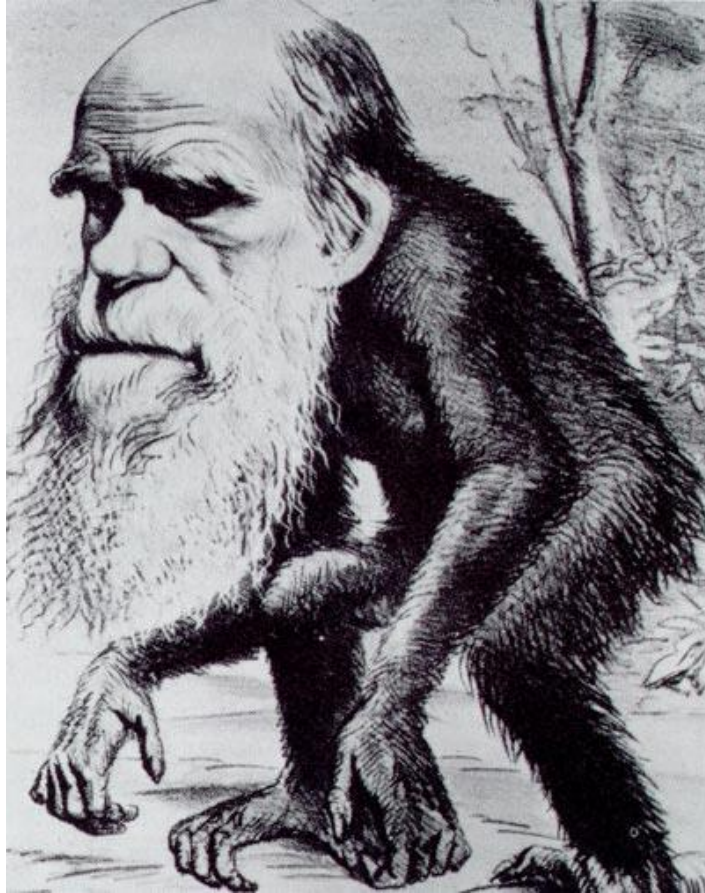
## Estudi sobre el bec dels ocells i les relacions genealògiques



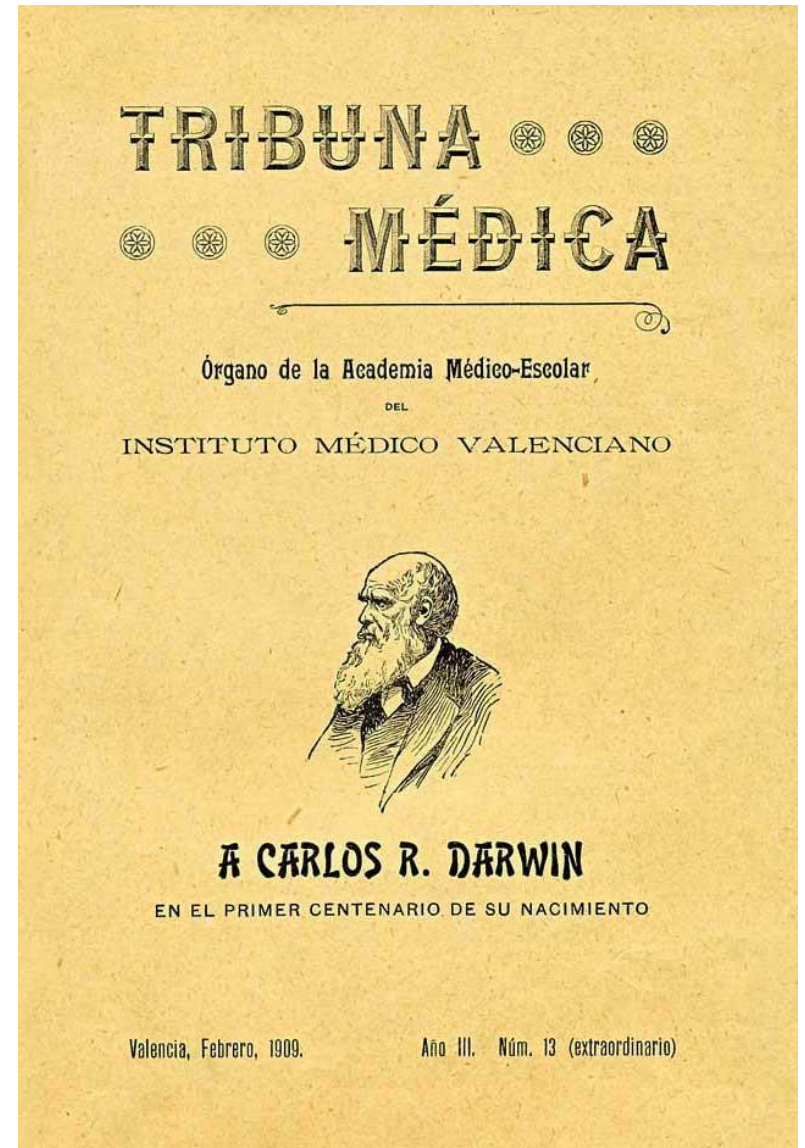
PEDIGREE OF MAN.







*Hornet Magazine, 1866*



Homenatge de la Universitat de València a Darwin, 1909



## 4. Degeneració i eugenèsia



## La doctrina de la degeneració

- Formulada, entre altres, pel metge alienista francès Bénédict A. Morel, en el seu *Traité des dégénérescences physiques, intellectuelles et morales de l'espèce humaine* (París, 1857) per a explicar la transmissió de les malalties mentals:

"les degeneracions són desviacions del tipus humà normal, transmissibles per herència, que es deterioren progressivament fins a l'extinció".

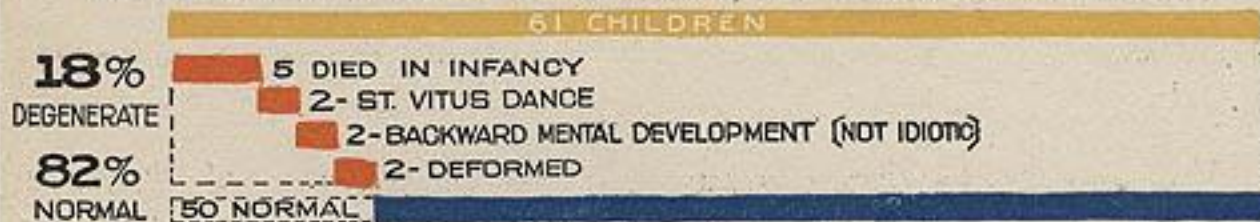
- Així, **tares** (o defectes) com la bogeria, la idiòcia, l'alcoholisme, la criminalitat, la tuberculosi, les malalties venèries, la prostitució, les perversions sexuals, etc., es transmetrien per herència, de generació en generació, fins a arribar a l'extinció de la família afectada.



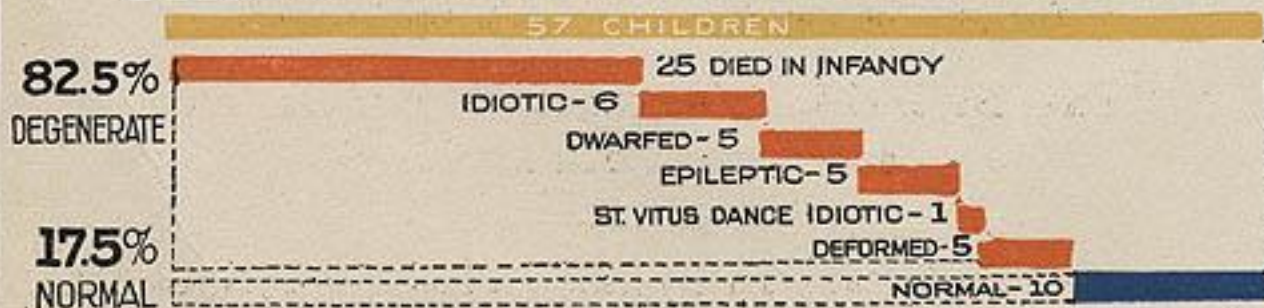
# ALCOHOLISM AND DEGENERATION

INVESTIGATION MADE BY PROF. DEMME IN BERN 1878-1889

## DESCENDANTS OF TEN VERY TEMPERATE FAMILIES



## DESCENDANTS OF TEN INTEMPERATE FAMILIES



## Die Drohung des Untermenschen.

Es treffen auf:

Männliche  
Verbrecher



4,9 Kinder

Eine kriminelle  
Ehe



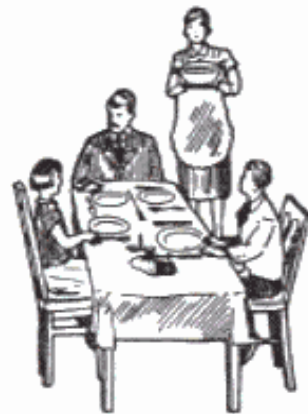
4,4 Kinder

Eltern von  
Hilfsschulkindern



3,5 Kinder

Die deutsche Familie



2,2 Kinder

Ehe aus gebildeten Kreisen

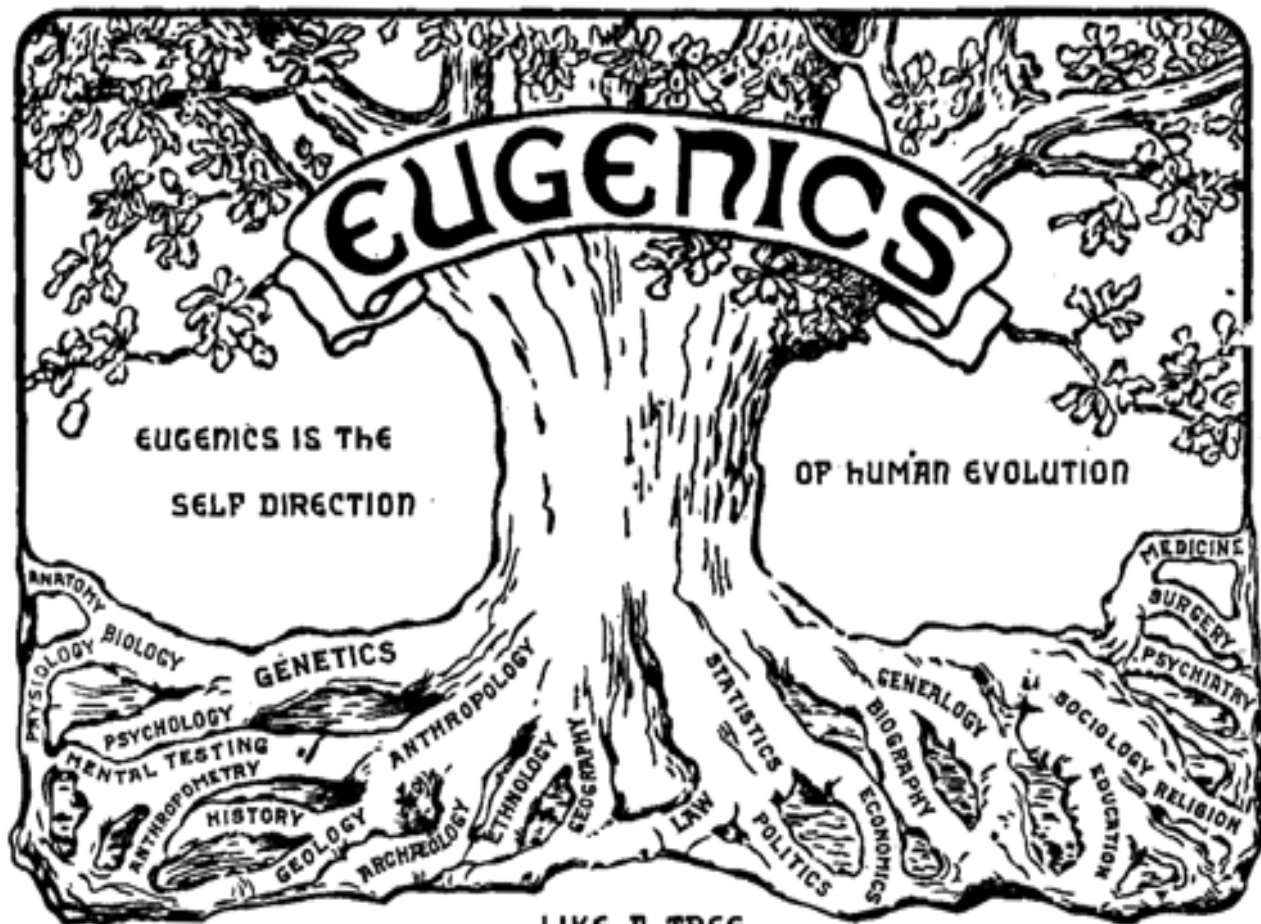


1,9 Kinder

## Un programa de regeneració: l'eugenèsia

- Doctrina de la higiene racial: promou la **reproducció dels individus més aptes** controlant l'aparellament i la descendència.
- Doctrina regeneracionista formulada per Francis Galton (1883) des del darwinisme social (la lluita per l'existència i la supervivència dels més forts).
- Postula la regeneració de la raça -i del cos social (la nació)- estimulant la reproducció dels més aptes i dificultant o impeding la dels degenerats.



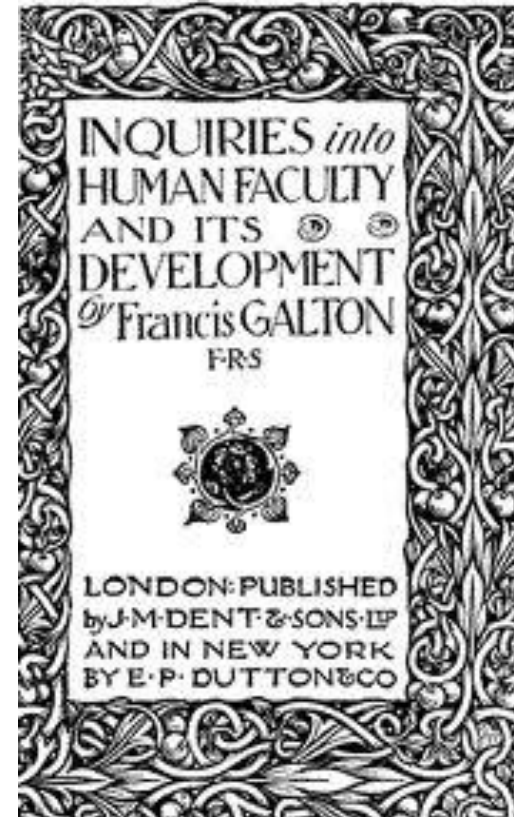


LIKE A TREE  
EUGENICS DRAWS ITS MATERIALS FROM MANY SOURCES AND ORGANIZES  
THEM INTO AN HARMONIOUS ENTITY.



## Eugenics

"the science which deals with all influences that improve the inborn qualities of a race; also with those that develop them to the utmost advantage"



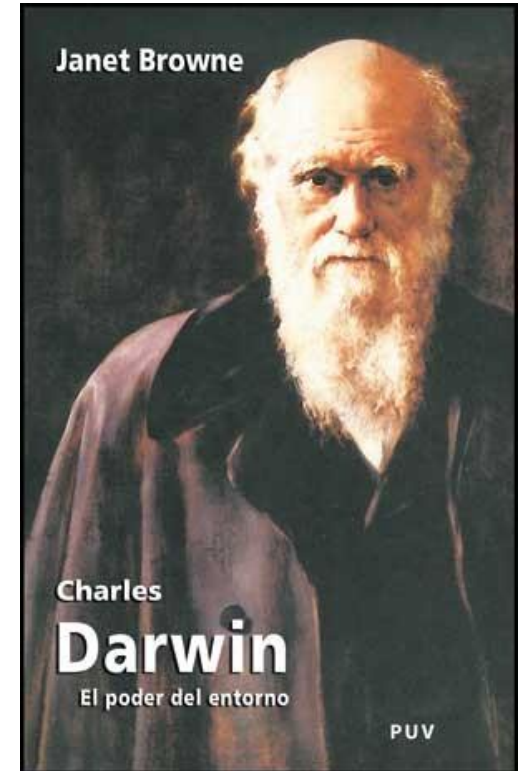
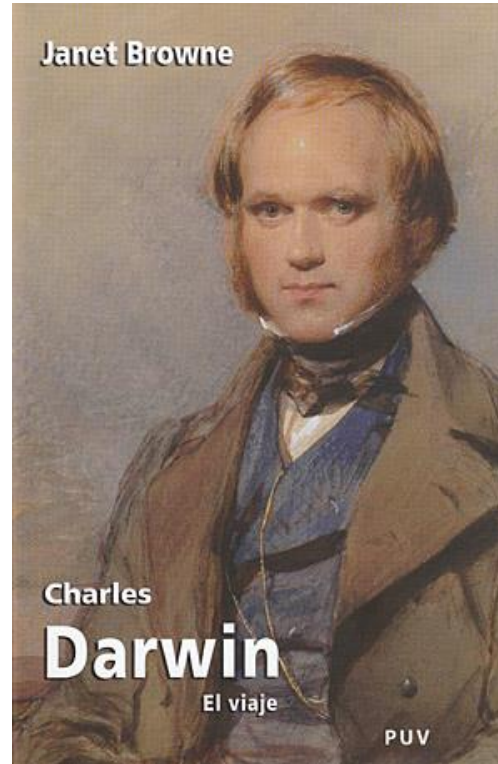
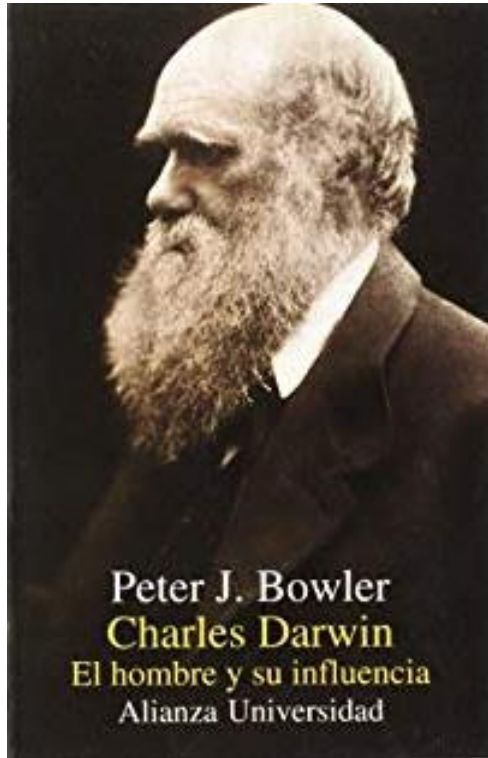
F. Galton, 1883

## **Eugenèsia positiva:**

**Fomenta l'aparellament òptim** dels individus o dels grups humans que posseïsquen les millors qualitats físiques, mentals i morals.

## **Eugenèsia negativa:**

**Pretén evitar la reproducció** dels individus o dels grups humans que presenten signes de degeneració física, mental o moral; en la seua formulació més radical, promou l'eliminació, de la nació, de tals individus o grups.



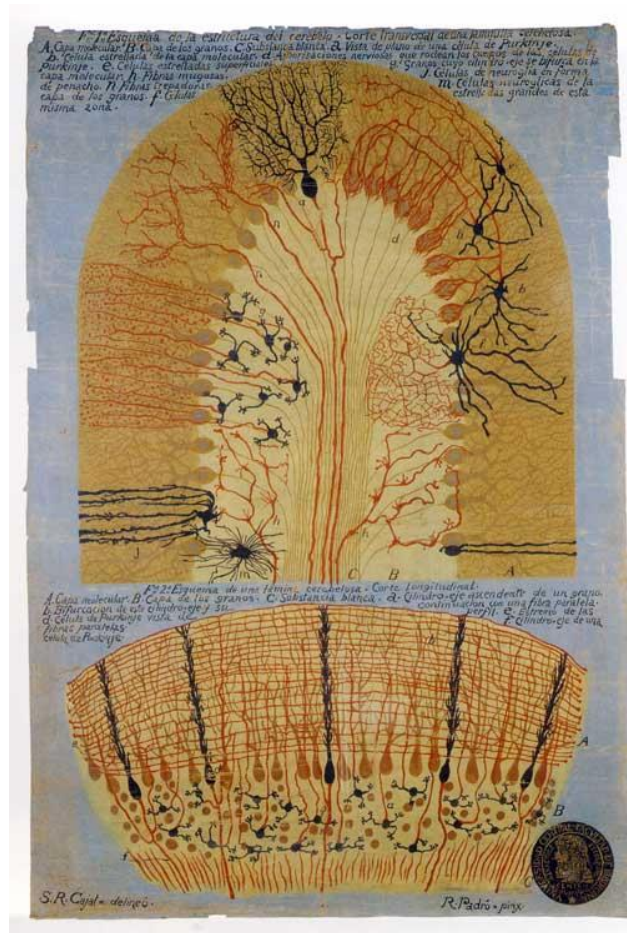
## Lectures recomanades:

Barona, J.L. *Història del pensament biològic*, p. 151-155, 166-170, 193-206.

Pelayo, Francisco, *Darwin. De la creació a la evolució*. Madrid, Nívola, 2001.

Darwin, Charles. *Autobiografia*. València: PUV – Mètode, 2009.

The Complete Works of Charles Darwin Online: <http://darwin-online.org.uk/>



# 9. La teoria cel-lular



# **La teoria cel·lular**

- 1. Els microscopistes clàssics**
- 2. Un instrument qüestionat**
- 3. La formulació de la teoria cel·lular**
- 4. La teoria cel·lular en la biologia contemporània**

# 1. Els microscopistes clàssics

•A principi del segle XVII començaren a fabricar-se lents d'augment que, convenientment col·locades, permetien observar objectes:

+ distants (en la navegació) → allargavistes, prismàtics

+ infinitament llunyans (en astronomia) → telescopis

+ infinitament petits (els animals i les plantes) → microscopis

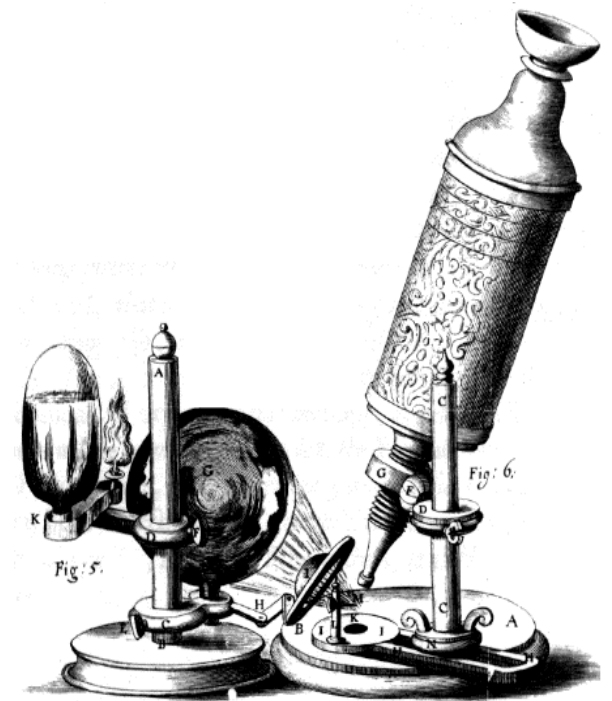


Telescopi de Galileu  
(1611)

- L'observació microscòpica dels éssers vius es denominava:

+ entre els naturalistes: micrografia

+ entre els anatòmics: *anatomia subtilis*



Robert Hooke  
*Micrographia* (1665)

## Robert Hooke (1635-1703)

- Conservador d'instruments de la Royal Society de Londres.
- Autor del llibre titulat *Micrographia, or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon* (Londres, 1665).
- *Micrographia* (context):
  - + primera obra consagrada a l'observació microscòpica
  - + dedicada al rei d'Anglaterra
  - + escrita en un llenguatge planer i amb sentit de l'humor



# MICROGRAPHIA:

OR SOME

*Physiological Descriptions*

OF

## MINUTE BODIES

MADE BY

MAGNIFYING GLASSES.

WITH

OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon.

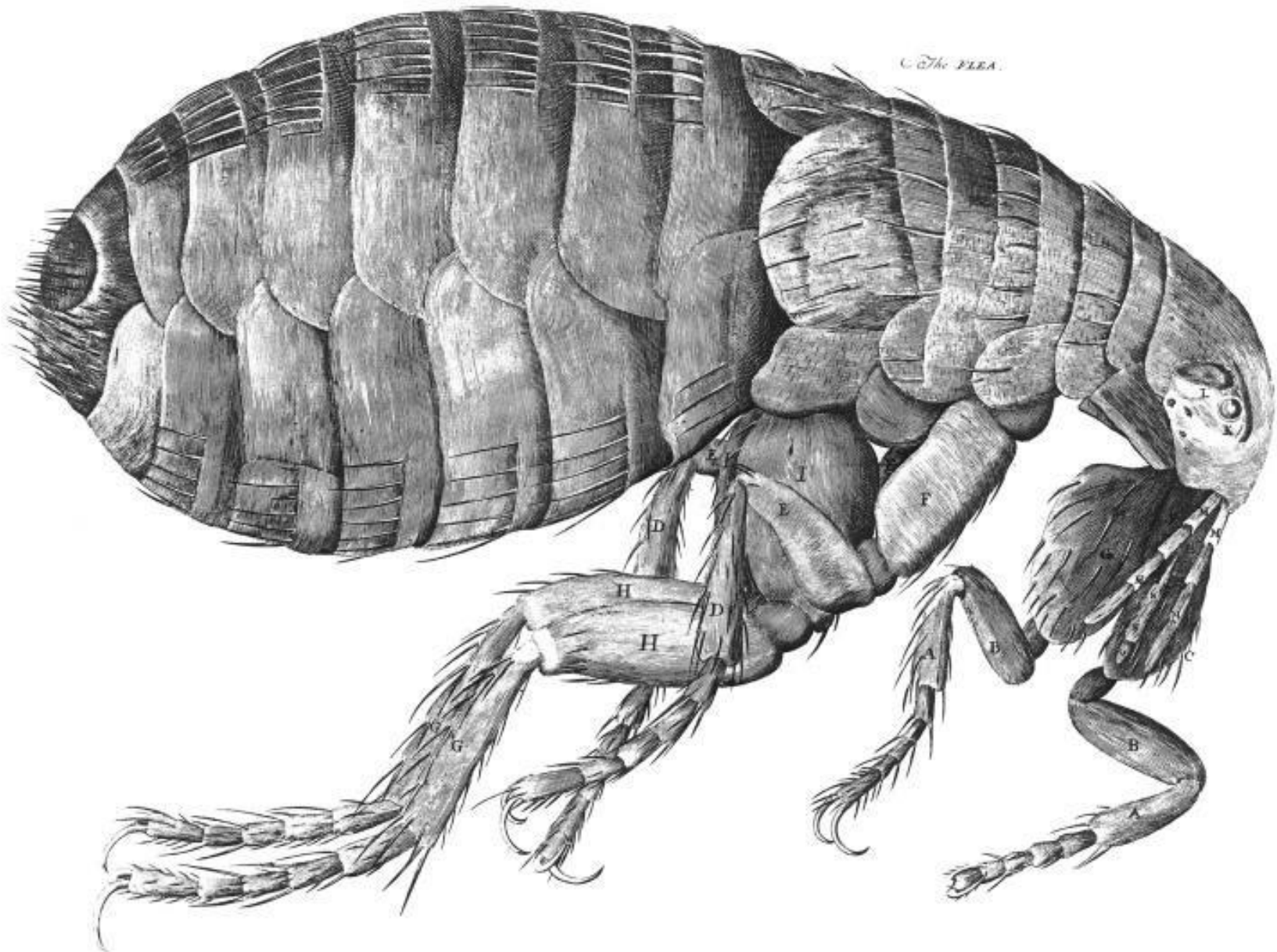
By *R. HOOKE*, Fellow of the ROYAL SOCIETY.

*Non possis oculo quantum contendere Linceus;  
Non tamen idcirco contemnas Lippus iungi. Horat. Ep. lib. 1.*



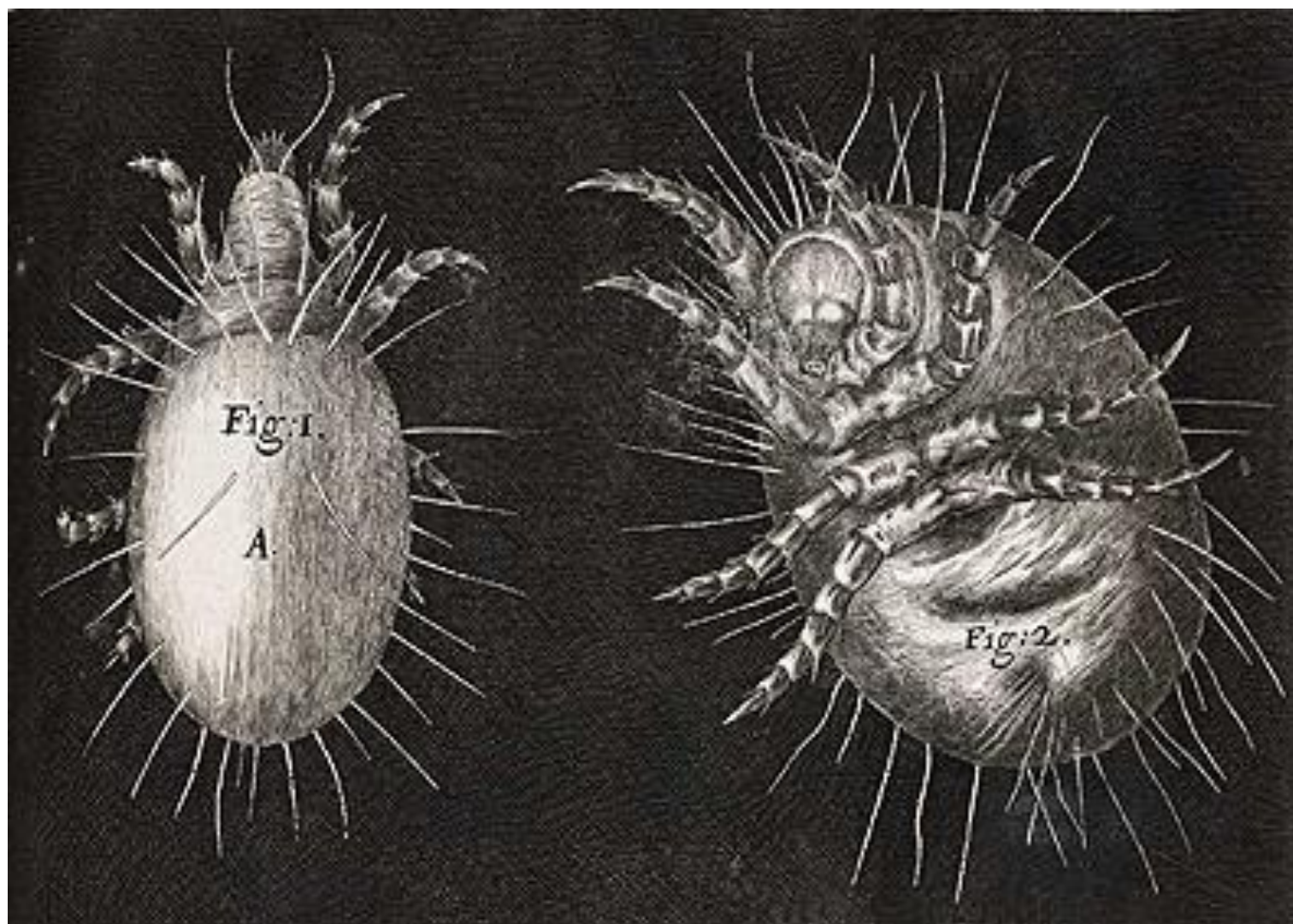
LONDON, Printed by *Jo. Martyn*, and *Jo. Allestry*, Printers to the  
ROYAL SOCIETY, and are to be sold at their Shop at the *Bell* in  
*S. Paul's Church-yard.* M DC LX V.

- + Dividida en cinc capítols, hi ha descripcions d'objectes naturals i artificials.
- + Conté les primeres descripcions microscòpiques de la neu i del gel.
- + Un dels seus capítols, dedicat als vegetals, inclou:
  - ✓ explicació dels fòssils com a restes d'éssers vius ancestrals avui extingits (p. ex., el carbó mineral / vegetal);
  - ✓ descripció de petites cel·les buides ('cells') als porus del suro.
- + Un capítol dedicat a la micrografia dels animals, amb 26 làmines.



*C. The FLEA.*

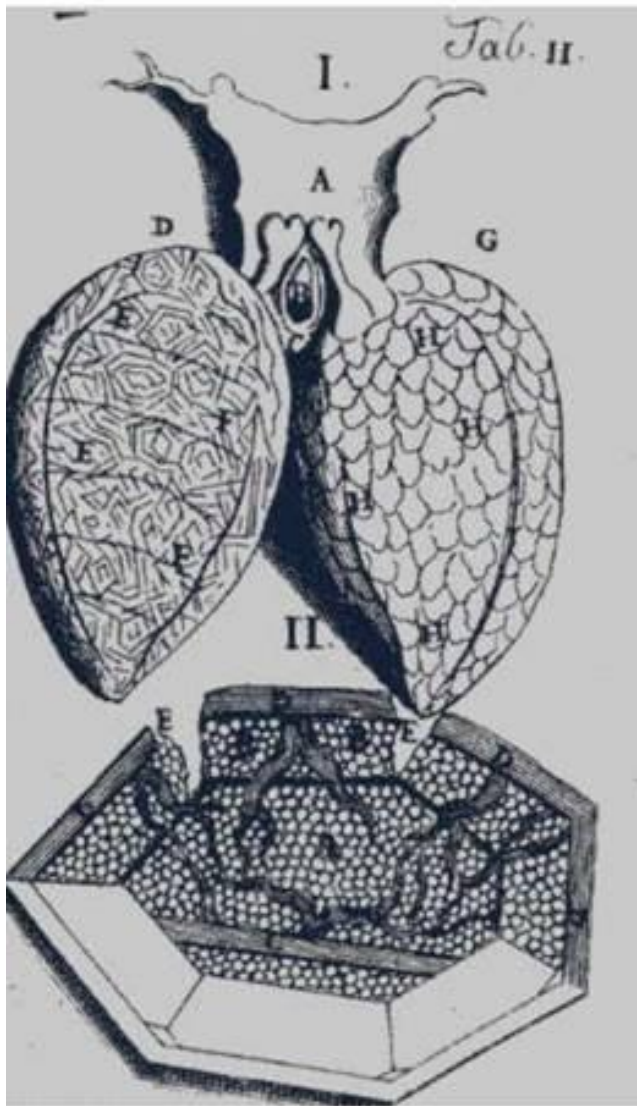




## Marcello Malpighi (1628-1694)

- Naturalista vinculat a la Universitat de Bolonya, coordinava els membres italians de la Royal Society de Londres.
- Defensà, pel que fa a la patologia, la necessitat d'avançar en l'estudi de l'anatomia microscòpica.
- Nombroses estructures corporals microscòpiques porten el seu nom:
  - + pell: capa, cèl·lula, estrat ... de Malpighi
  - + parènquima renal: càpsula, corpuscle, cos, glomèrul ... de Malpighi
  - + parènquima pulmonar: vesícula de Malpighi (capil·lars sanguinis)
- Anys més tard, Linné li dedicà un gènere botànic (*Malpighia*).
- Durant els darrers anys de la seua vida, fou protometge del papa.





*De pulmonibus observationes  
anatomicae* (1661)



Marcello Malpighi  
(1628-1694)

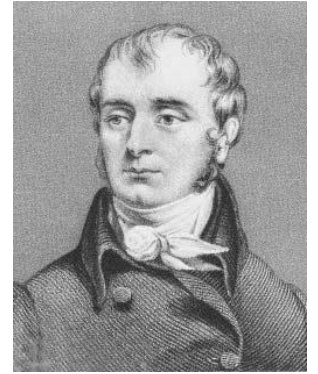
## 2. Un instrument qüestionat: el microscopi

- L'existència d'un terme –"cell"– i la d'un instrument –el microscopi– no bastaven per a formular una teoria de la unitat elemental de la matèria viva.
- Mancava un marc conceptual** que donara sentit a les observacions microscòpiques: encara pesava la concepció humoral dels éssers vius.
- Al llarg del segle XVIII **el microscopi fou qüestionat** per:
  - + els artefactes cromàtics (difracció de la llum) que s'hi produïen;
  - + la dificultat per a establir escales i conèixer la magnitud;
  - + s'interposava entre l'objecte d'estudi i el sentit de la vista (sensualisme).
- S'abandonà el microscopi (sobretot a França) i el seu ús quedà restringit a alguns aspectes de la botànica.
- En aquest context, es formulà la noció de teixit i sorgí la histologia.

## La noció de teixit

- **Part homogènia** del cos d'un animal.
- **Inspirada en la idea aristotèlica de “part similar”** (aquella en la qual la part és igual al tot, com ara el greix o l'os), a diferència de la “part dissimilar”, que segons Aristòtil seria aquella en la qual la part no és igual al tot (p. ex., un òrgan com el cor).
- **Noció vitalista** (autonomia de la matèria viva, que no respon a les lleis físiques i/o químiques) formulada per Xavier Bichat (1771-1802) en el llibre *Anatomie générale, appliquée à la physiologie et à la médecine* (1801).

“Tots els animals són un encaix de diversos òrgans, cadascun dels quals en executar una funció participen, a la seua manera, a la conservació [de la vida] del conjunt. Són [els òrgans] màquines particulars en la màquina general que és l'individu. Doncs bé, aquestes màquines particulars estan formades alhora per diversos **teixits**, de naturalesa molt diferent, que formen verdaderament els elements d'aquests òrgans.”



Xavier Bichat (1801)



### 3. La formulació de la teoria cel·lular

- Junt amb la teoria de l'evolució i la teoria de l'herència, constitueix un dels tres grans paradigmes de la biologia contemporània.
- Tal com fou enunciada, la teoria cel·lular afirma que la cèl·lula és la unitat elemental de la matèria viva des del punt de vista:
  - + morfològic (la forma i l'estructura)
  - + fisiològic (la funció)
  - + patològic (la disfunció)
  - + reproductiu (l'origen)

## L'escenari

- Es formulà en el medi acadèmic alemany del segle XIX i, en concret, en les universitats reformades d'acord amb el model de la Universitat de Berlín (reforma Humboldt)

- + servei a l'Estat
- + espai de llibertat de pensament
- + dedicat al conreu de l'esperit i a la recerca  
(imperatius de l'ensenyament superior)
- + integra l'aula, el seminari i el laboratori



Wilhelm von Humboldt  
(1767-1835)



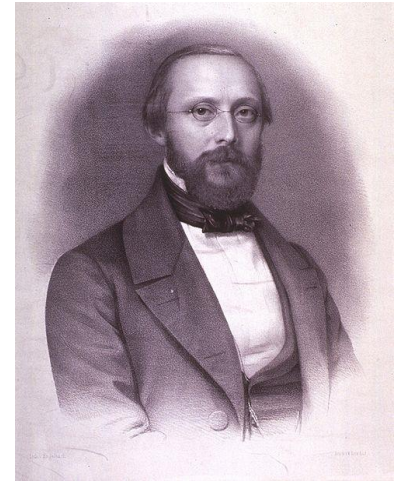
- En aquest marc centreeuropeu es desenvolupà un programa d'investigació sistemàtica sobre els éssers vius basat en la idea de cèl·lula (petita cel·la).
- Es va formular gràcies al perfeccionament del microscopi òptic per mitjà de la correcció de les lents i la utilització de la gota pendent (aigua, oli).
- La teoria cel·lular primitiva: la cèl·lula, unitat morfològica i funcional:
  - + Jakob Schleiden (Universitat de Gotinga) per a les plantes en 1838.
  - + Theodor Schwann (Universitat de Jena), que la va aplicar als animals (1839).



- **Rudolph Virchow** (1821-1902)

- + representant genuí de la medicina de laboratori
- + director de l'Institut de Patologia de Berlín
- + fundador de l'anatomia patològica microscòpica
- + contrari a la microbiologia i a l'evolucionisme

- En la seua obra *Patologia cel·lular* (1858) va **ampliar el paradigma cel·lular incloent-hi la malaltia**: la cèl·lula, seu de tots els processos biològics, fins i tot dels embriològics i els patològics.
- A final del segle XIX, només **el sistema nerviós** es resistia a ser explicat dins de la teoria cel·lular.



## La doctrina de la neurona

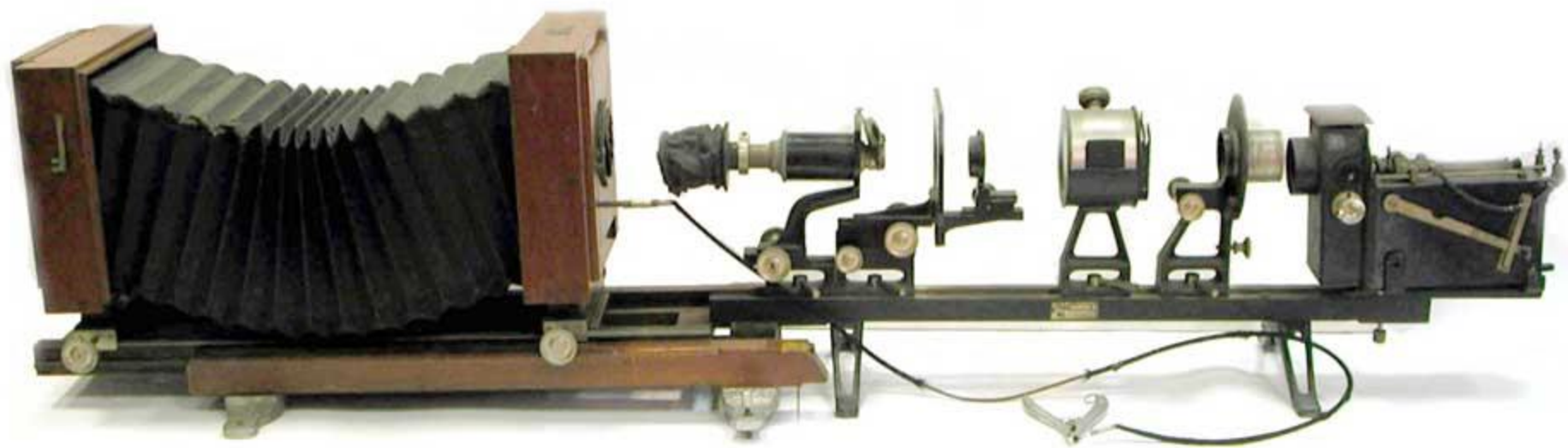
- Una de les grans incògnites de l'organisme era el sistema nerviós, que semblava estar configurat com una malla reticular, integrada per fibres i fibril·les, a través de la qual es difonien impulsos motors i sensitius.

- D'acord amb el model reticularista, Camillo Golgi publicà *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso* (1886) utilitzant la impregnació cromoargèntica.



Camilo Golgi,  
1843-1926





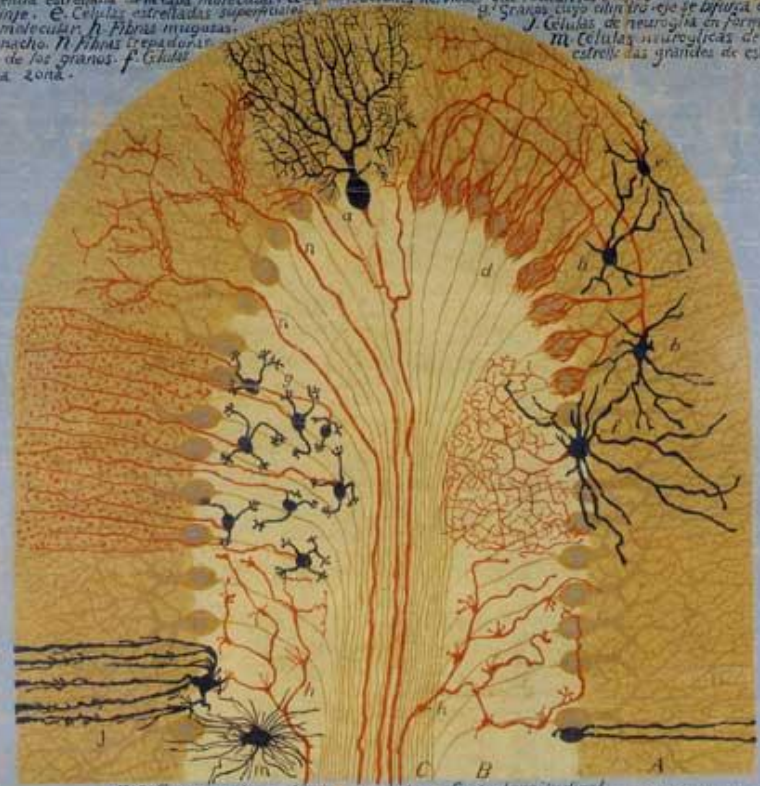


- En 1887, Santiago Ramón y Cajal aprengué de l'històleg valencià Luis Simarro les tècniques de microfotografia i les tècniques de tinció (nitrat de plata) de les estructures nervioses.
- Entre 1888 i 1892, de Barcelona estant, Cajal enuncià:
  - + El seu model cel·lular sobre l'estructura del sistema nerviós: un aglomerat d'unitats independents (la doctrina de la neurona), contigües però no contínues.
  - + L'existència de la sinapsi entre les neurones.
  - + La llei de la polarització dinàmica de la neurona (transmissió unidireccional de l'impuls nerviós).



Santiago Ramón y Cajal treballant a València (esquerra) i a Barcelona (dreta)

*F. Esquema de la estructura del cerebro. Corte horizontal de una ramilla arborescente.*  
*A. Capa molecular. B. Capa de los granos. C. Substancia blanca. D. Vista de plano de una célula de Purkinje.*  
*E. Célula estrellada de la capa molecular. F. Fibras miquosas de penacho. G. Fibras trepadoras de los granos. H. Célula de la misma zona.*  
*I. Granos cuyo cilindro eje se dirige en forma de Y. J. Células de neuroglia en forma de Y. K. Células neuroglia de la estrellada grandes de esta zona.*



*F. 2. Esquema de una lámina cerebelosa. Corte longitudinal.*  
*A. Capa molecular. B. Capa de los granos. C. Substancia blanca. D. Cilindro eje ascendente de un grano.*  
*E. Bifurcación de este cilindro eje y su continuación con una fibra paralela. F. Cilindro eje de una célula de Purkinje vista de perfil. G. Extremo de las fibras paralelas. H. Célula de Purkinje.*

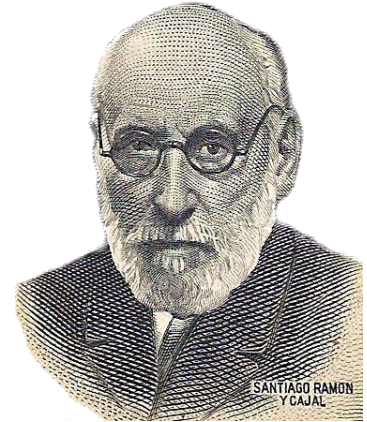


S.R. Cajal - delinquit.

R. Padró - pinx.



- Entre 1899 i 1904 Cajal publicà *Textura del sistema nervioso en el hombre y los vertebrados*, obra que assentava definitivament la teoria de la neurona i, amb aquesta, la teoria cel·lular.
- El desembre de 1906 Cajal va rebre *ex aequo* amb Golgi, el premi Nobel de Medicina per les seues contribucions al coneixement del sistema nerviós.
- El gener de 1907 es fundà a Madrid la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), i Cajal fou designat president per unanimitat.





## 4. La teoria cel·lular en la biologia contemporània

- Vora mig segle després, el microscopi electrònic confirmava la veracitat de les afirmacions de Cajal, com ara l'existència de la sinapsi, una estructura que ell havia albirat amb el microscopi òptic.



Microscopi electrònic  
d'Ernst Ruska  
(1906-1988)

•La teoria cel·lular constitueix un dels paradigmes de la ciència biològica contemporània, però la recerca posterior planteja qüestions de difícil resolució dins d'aquest marc teòric:

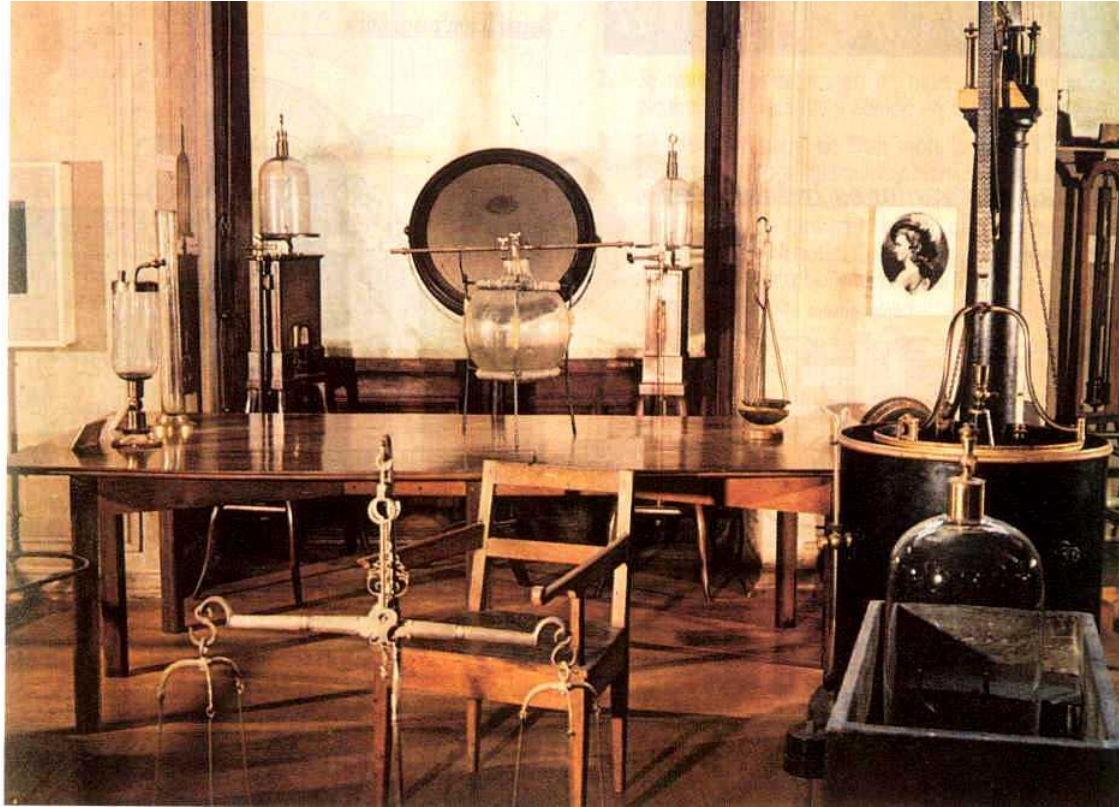
- ✓ existència d'elements “prebiològics” entre les cèl·lules i els àtoms (bacteris, virus, mitocondris, àcids nucleics, prions);
- ✓ el desenvolupament de disciplines “ultracel·lulars” (biologia molecular, virologia, genètica, epigenètica).

**Lectures recomanades:**

Barona, J. L. *Història del pensament biològic*, p. 171-176.

Albarracín Teulón, Agustín. *La teoría celular: historia de un paradigma*. Madrid, Alianza, 1983.

López Piñero, José María. *Santiago Ramón y Cajal*. València: PUV, 2006.



# 10. El laboratori i la biologia experimental



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Història de la Ciència

**Biologia, Universitat i Societat (Història de la Biologia)**  
Grau en Biologia



# **El laboratori i la biologia experimental**

## **1. El laboratori, escenari de la biologia**

## **2. La biologia experimental:**

### **2.1. La fisiologia**

### **2.2. La química fisiològica, la bioquímica i la biologia molecular**

### **2.3. La microbiologia**

### **2.4. La biofísica**

## **En la biologia contemporània (s. XIX i XX) ha tingut lloc:**

a) un procés creixent d'**aprofundiment i ampliació sistemàtica de coneixements** sobre els éssers vius;

b) una relació cada volta més estreta de la **biologia** amb la **química** (intercanvi de substàncies) i la **física** (balanços energètics);

c) unes **demandes de coneixements, de tècniques i de productes**, plantejades des de les ciències aplicades (medicina, veterinària, farmàcia, agricultura, ramaderia) i des de les indústries (farmacèutiques, alimentàries, forestals);

d) **la constitució de disciplines biològiques** (fisiologia, bioquímica i biologia molecular, però també citologia, genètica, enzimologia, immunologia, etc.) que en l'actualitat estan esdevenint professions o ocupacions laborals independents.

# 1. El laboratori, escenari de la biologia

- El terme “**laboratori**” procedeix del llatí “labor” (treball); això és, un espai condicionat per al treball reflexiu (teòric/pràctic).
- En els seus orígens medievals, el laboratori sorgí associat a l'alquímia i també als forns de destil·lació.
- El **laboratori** és consubstancial a **la revolució química** (s. XVIII).
- En línies generals, pot afirmar-se que:
  - + l'escenari de **la història natural** és la **natura** (els tres regnes);
  - + l'escenari de **la biologia experimental** és el **laboratori**.

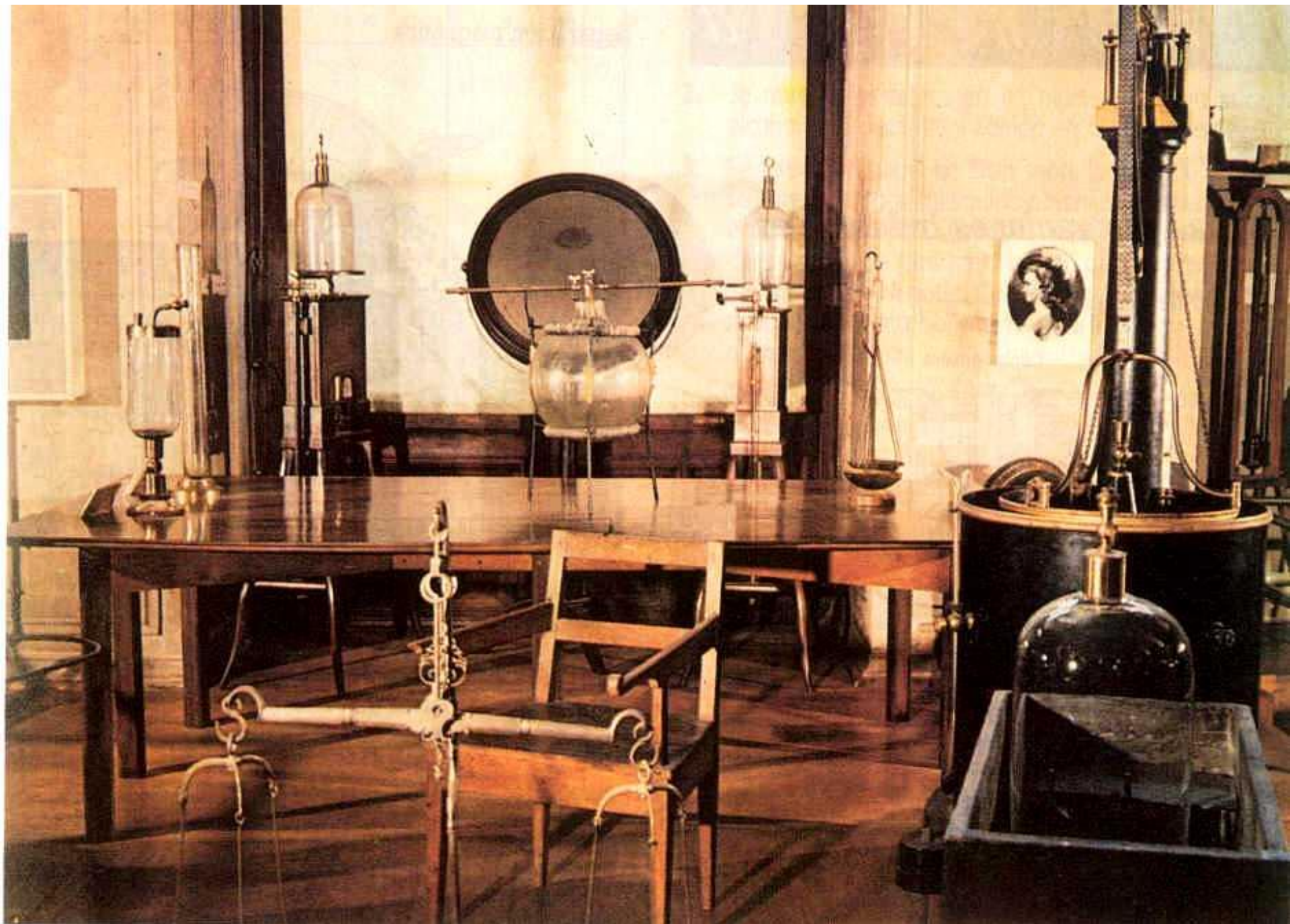


DISTILLATIO.

*In igne succus omnium, arte, corporum*

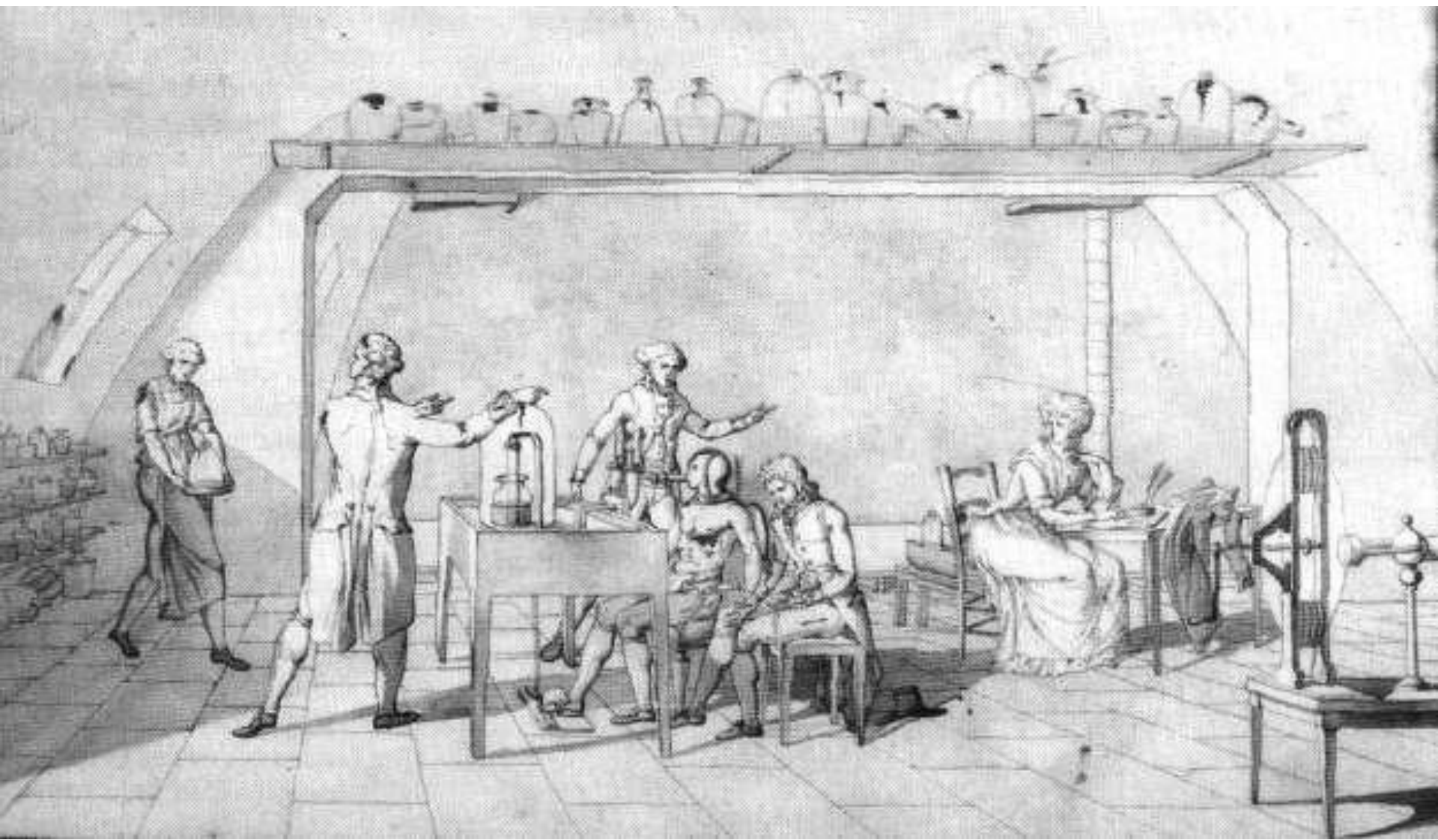
*Vigens fit vnda, limpida et potissima.*





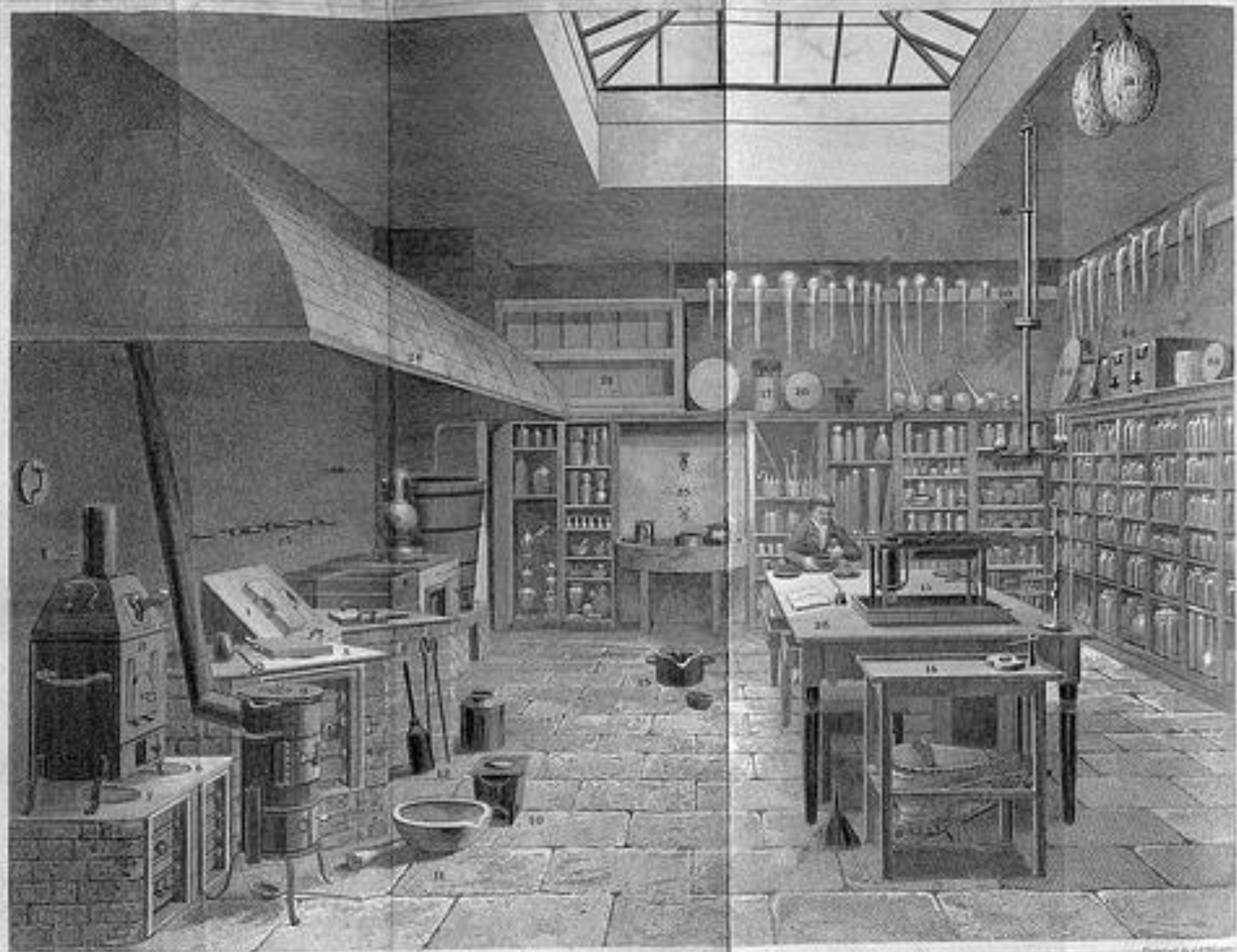






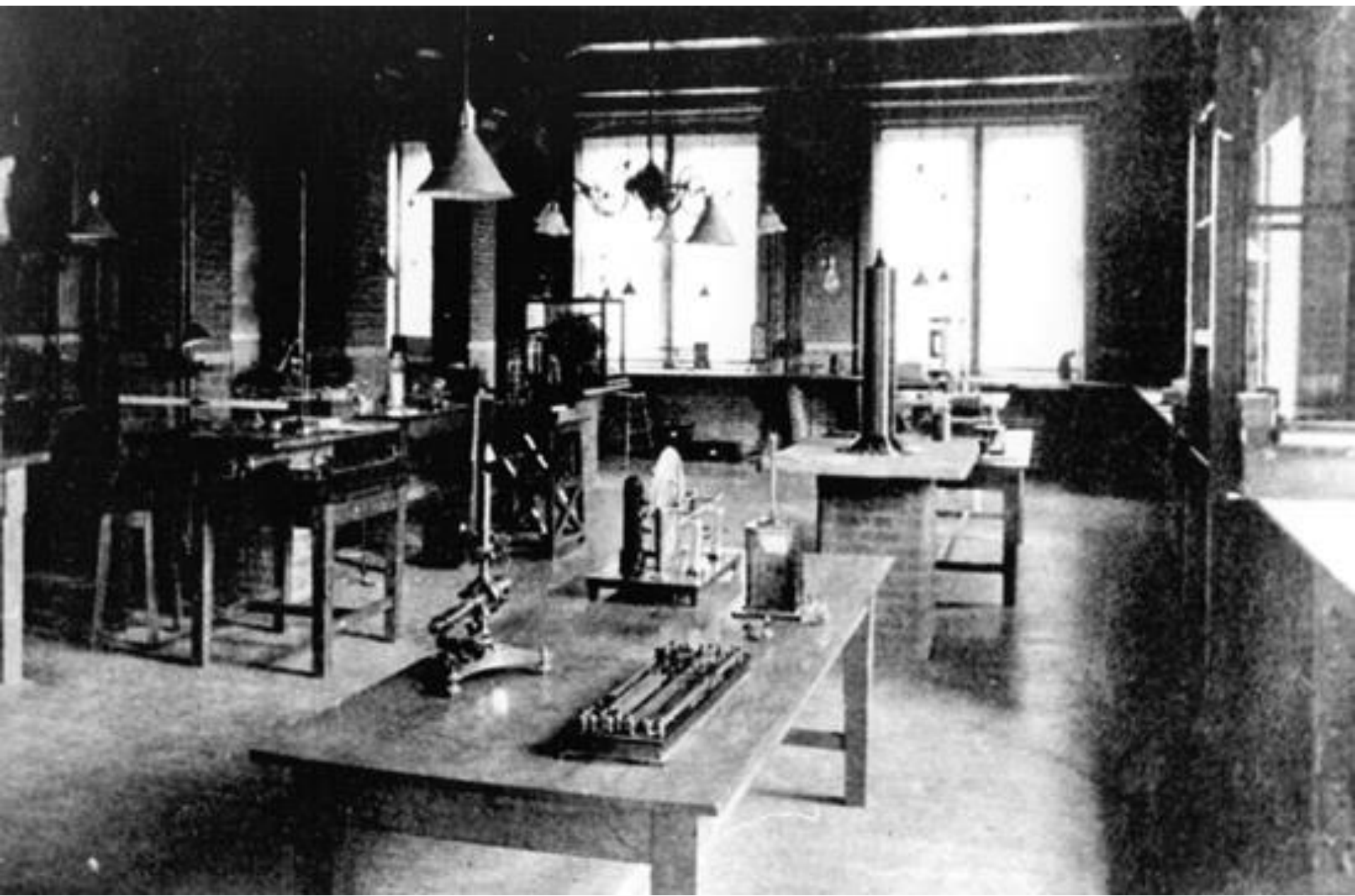
- En el segle XIX, el laboratori esdevé un **espai protegit** on es poden realitzar experiències i mesures **en condicions idònies d'aïllament** (control d'humitat, temperatura, sorolls, vibracions, asèpsia, etc.).
- Originalment, els laboratoris eren **químics** i, més tard, també **farmacèutics**.
- A mitjan segle XIX la biologia entronitzà el laboratori (“the laboratory revolution”) com a espai privilegiat per a l'estudi de la vida i de les seues múltiples manifestacions, amb **aplicacions mèdiques, farmacèutiques, agroalimentàries**, etc.
- Amb el temps, hi hauria **diversos tipus de laboratoris** (segons la finalitat): docents, clínics, d'investigació, industrials, etc.





*A Design for a General Laboratory.*

*Designed for the Chemical Class-room, and Published by Van Nostrand, 23 N. 2d Street, N.Y.*



## 2. La biologia experimental

### 2.1. La fisiologia

Claude Bernard, fisiòleg i introductor del mètode experimental en biologia i medicina

El seu llibre *Introducció a l'estudi de la medicina experimental* (París, 1865)

- marca les regles del mètode d'investigació en medicina i biologia;
- consagra el laboratori com a l'espai propi de les ciències mèdiques i biològiques.



Claude Bernard  
(1813-1878)

“... les sales de l’hospital són tan sols el vestíbul de la medicina, però **el seu vertader santuari és el laboratori.**”



- la fisiologia humana
  - + més primerenca
  - + més propera a la medicina

- la fisiologia animal

- la fisiologia vegetal

- la fisiologia general

- + desenvolupada en paral·lel (a les fisiologies especials)

- + estudia les **funcions generals dels éssers vius**, tant les dels organismes en conjunt com les de les cèl·lules que els integren: reproducció, digestió, respiració, conservació, excreció, homeòstasi, relació amb el medi, etc.



## 2.2. La química fisiològica

- Des dels darrers anys del segle XVIII (**Revolució química**), hi va haver un ràpid desenvolupament de:
  - ✓ la química analítica
  - ✓ **la química orgànica** (basada en la capacitat dels àtoms de **carboni** de combinar-se amb el **nitrogen**, l'**hidrogen** i l'**oxigen**, i de formar **llargues cadenes**)

- La química fisiològica pretenia aplicar els recursos de **la química analítica** a l'estudi de les substàncies que integren la matèria viva:
  - + la composició de la sang i altres fluids (orina, saliva, saba)
  - + els intercanvis gasosos (respiració, fotosíntesi, evaporació, etc.)
  - + la identificació dels alcaloides (plantes): cossos nitrogenats d'origen natural dotats de propietats farmacològiques (estricnina, papaverina, quinina, digitalina, etc.)

# La síntesi de la urea



- Obra del químic alemany Friedrich Wöhler (1800-1882).
- En 1828 aconseguí sintetitzar urea **a partir d'amoníac i cianat de plom**.
- Producte final del metabolisme de les proteïnes en els mamífers, **la urea** és un compost químic que es forma al fetge i s'excreta per l'orina.
- La síntesi d'urea s'interpretà com la possibilitat de reproduir i de controlar en el laboratori els processos de síntesi i degradació de matèria orgànica.
- Suposà un punt d'inflexió **contra el vitalisme**: trencava el suposat salt qualitatiu entre la matèria viva i la matèria inorgànica.
- Alguns la consideren com el **punt de partida de la bioquímica**.



Justus von Liebig (1803-1873) s'interessà per:

- ✓ els processos implicats en la **nutrició**
- ✓ els **principis** immediats continguts en els aliments (proteïnes, greixos, hidrats de carboni)
- ✓ les **combustions cel·lulars**, que obtenen **l'energia** dels greixos i hidrats de carboni i que s'acompanyen de despreniment de **calor**



VÉRITABLE EXTRAIT DE VIANDE DE LA C<sup>IE</sup> LIEBIG.



ENSEVELISSEMENT D'UN ROI D'EGYPTE.

4.— En route vers l'Ouest.

Reproduction interdite.

Voir l'explication au verso.

**VERDADERO EXTRACTO DE CARNE**

**LIEBIG**

INDISPENSABLE en toda Buena Cocina

Fuera de Concurso desde 1885

Desconfie de las imitaciones

EXIJA LA FIRMA *J. Liebig* EN TINTA AZUL

Con conocimiento de causa **escojo LIEBIG**

La mejor propaganda es su calidad y poder alimenticio

POTAGE LIEBIG  
POIS AU LARD

Por esto YO ESCOJO **LIEBIG**

INDUSTRIAS RIERA-MARSÁ, S.A.  
PRIMERA EMPRESA NACIONAL DE LA ALIMENTACION

EXQUISITAS Y . . . FÁCILES DE PREPARAR

SOPAS **LIEBIG**

EN TODO EL MUNDO.

**LIEBIG**  
PRESTIGIA LA CALIDAD

Industrias **RIERA MARSÁ S.A.**

CONSUME de POLLO con ARROZ  
" de TOMATES de CHAMPIÑONES de GUISANTES CON JAMON

CREMA de AVE  
" de TOMATES  
" de CHAMPIÑONES  
" de GUISANTES CON JAMON

## 2.2. La bioquímica

Abans de la I Guerra Mundial, es va desenvolupar, en especial a les universitats alemanyes, una disciplina acadèmica sota el nom de **bioquímica**:

- En 1863, a Estrasburg, Felix Hoppe-Seyler ocupà la **primera càtedra** de “química fisiològica”.
- En 1877 apareix a Estrasburg **la primera revista** d'aquesta disciplina.
- Friedrich Miescher descrigué en 1869 els **àcids nucleics en els leucòcits**, però no els donà el significat biològic que més tard tindrien (durant dècades, no s'advertí que es tractava d'una molècula fonamental i idèntica en totes les cèl·lules de l'organisme, un material que passa de generació en generació).
- Emil Fischer (1852-1919) assenyala la importància biològica dels **enzims**, i la seua especificitat.
- Carl Neuberg, en 1903, encunya **el terme “bioquímica”** per a designar la disciplina que estudia **la composició química de la matèria viva**.





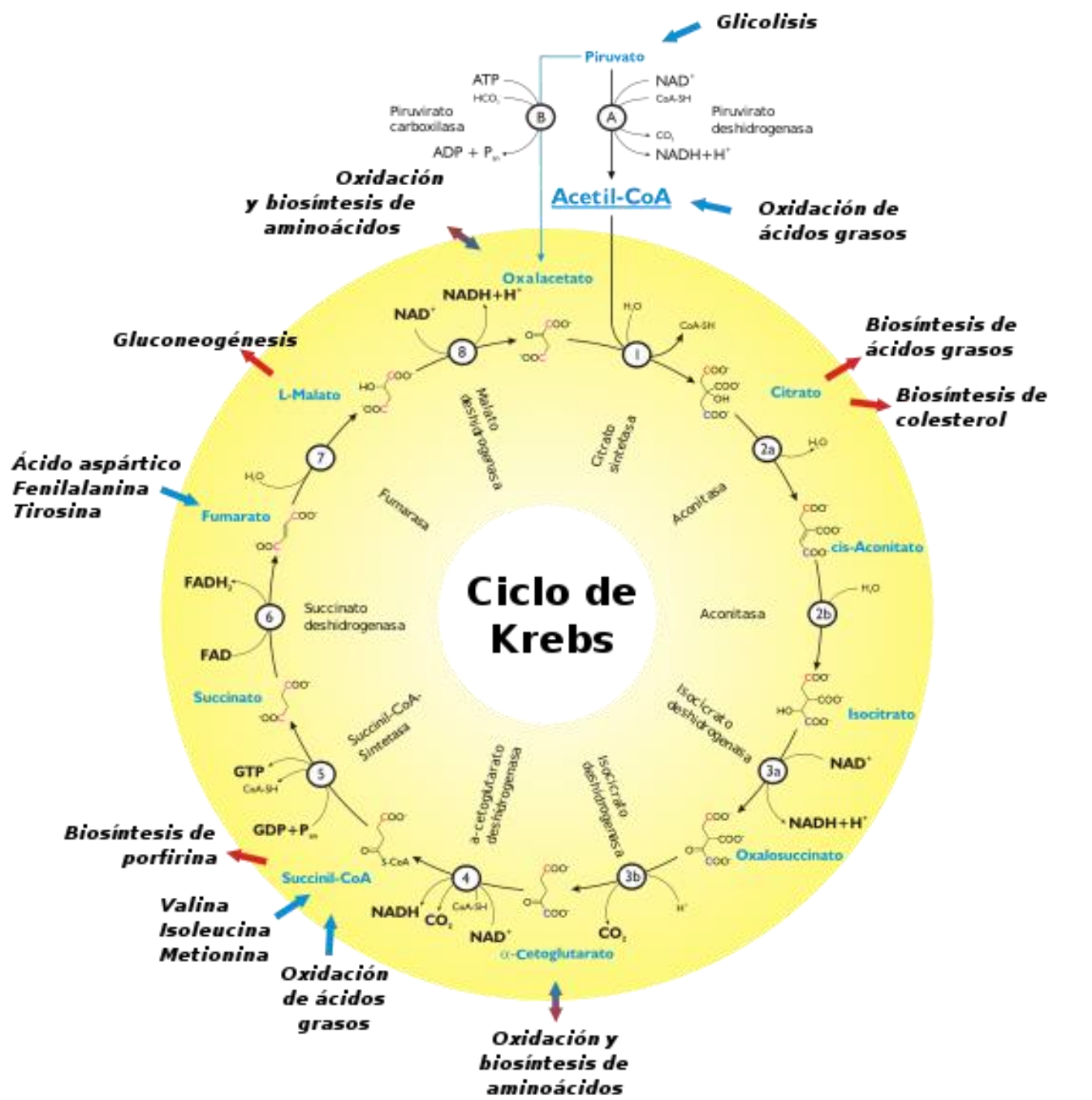
## 2.2. La biologia molecular

- Disciplina fronterera amb la citologia, la bioquímica i la genètica.
- La seua aparició i desenvolupament estan estretament lligats al **microscopi electrònic**.
- Estudia:
  - + **els components** de les estructures cel·lulars submicroscòpiques (proteïnes, lípids, carbohidrats i àcids nucleics);
  - + **el metabolisme** (les vies metabòliques i el cicle de Krebs, l'homeòstasi, la síntesi intracel·lular d'enzims i altres proteïnes).



Hans Adolf Krebs  
(1900-1981)

Premi Nobel en 1953





Hans A. Krebs (University of Sheffield, 1953)



## **Lectures recomanades:**

Barona, J. L. *Història del pensament biològic*, p. 189-193.

Bertomeu, J. R.; García Belmar, A. *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. València, Universitat de València, 2006.



# 11. Pasteur i la microbiologia



1. La doctrina de la generació espontània
2. La generació espontània entre els microscopistes clàssics
3. La doctrina miasmàtica
4. La trajectòria de Louis Pasteur
5. La crisi definitiva de la generació espontània
6. Conseqüències immediates

# 1. La doctrina de la generació espontània

Es basa en **fets d'experiència quotidiana** i en el “**sentit comú**”:

- Les aigües estancades ràpidament es poblen de larves, insectes, algues.
- De la matèria orgànica en descomposició sorgeixen cucs i altres éssers vius inferiors (molses, fongs, líquens).
- Després de la pluja, apareixen per tot arreu granotes, caragols, flors, etc., fins i tot al desert.

El problema de l'origen de la vida **es remunta a la més remota antiguitat**:

- El **relat bíblic** atribueix a un déu omnipotent la capacitat de crear vida a partir del no-res (Déu hauria creat l'home a partir del fang).
- Diversos **filòsofs grecs** (Anaximandre, Aristòtil) consideraven que la vida sorgia a partir de l'acció de la **calor** sobre el fang (**terra més aigua**): doctrina de la generació espontània, una de les primeres teories biològiques.
- Doctrina plenament vigent durant l'edat mitjana i el Renaixement.



“L'aigua de la font més pura, col·locada en un recipient impregnat per l'aroma d'un ferment, es rovella i engendra cucs. Les olors que s'elevan des del fons dels pantans produeixen granotes, llimacs, sangoneres, herbes. Feu un forat en un maó, introduïu alfàbega triturada, col·loqueu un segon maó sobre el primer de manera que cobrisca totalment el forat, exposeu els dos maons al sol i, al cap d'alguns dies, l'olor de l'alfàbega actuant com a ferment, transformarà l'herba en autèntics escorpins.”

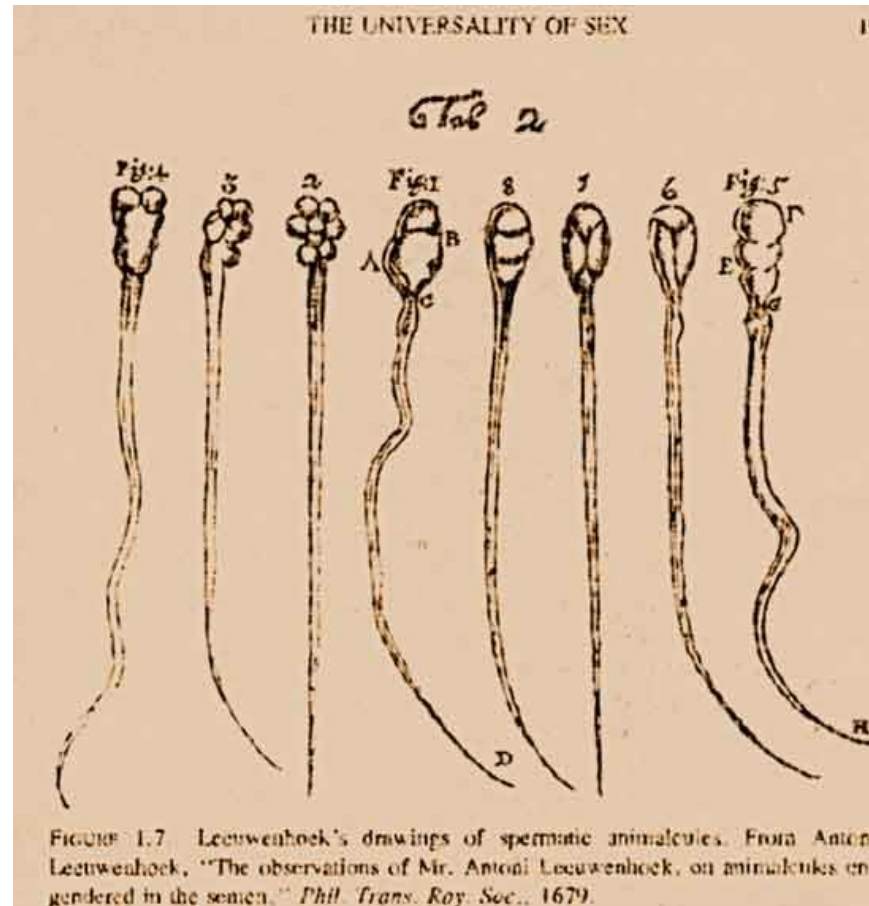


Jan Baptist van Helmont  
(1580-1644)

## 2. La generació espontània entre els microscopistes clàssics

Entre els microscopistes clàssics, l'holandès Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), corresponsal de la Royal Society de Londres i constructor ell mateix de lents de més de 200 augments:

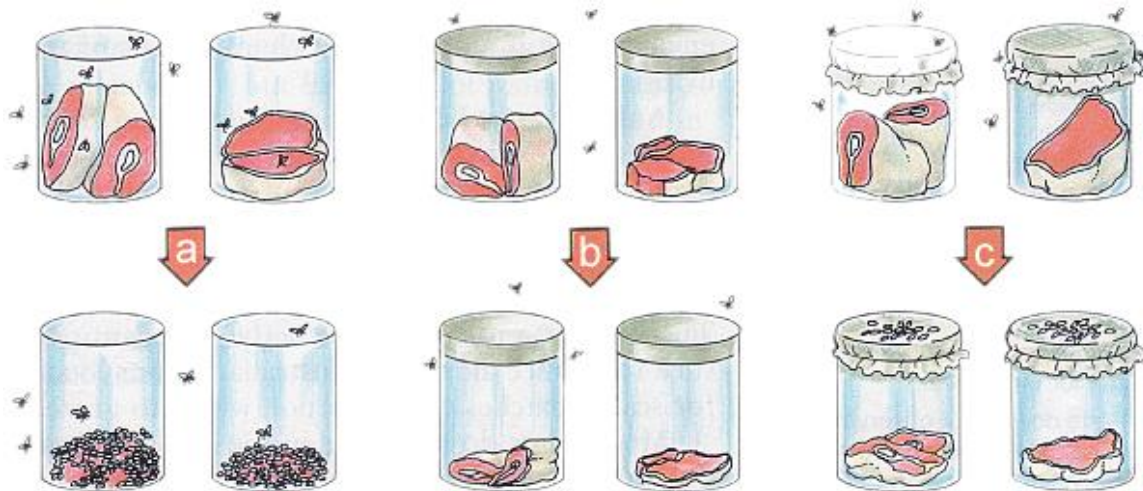
- + Va fer **nombroses observacions inèdites**: bacteris, protozous, insectes, espermatozoides, hematies, capil·lars, fulles, etc.
- + Deixà la porta oberta a **un món vivent diminut**.
- + A més, es plantejà el problema de **la infinitat de submons**.



“The observations of Mr. Leewenhoek, on animalcula engendered in the semen”  
*Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1670.

## Les primeres refutacions

Francesco Redi (1626-1697), el primer autor d'un tractat d'helmintologia, en *Esperienze intorno alla generazione degl'Insetti* (1668), refutà la generació espontània (a nivell macroscòpic) dels insectes i els cucs:



a) flascó obert; b) flascó tancat; c) flascó tapat amb una gasa



### 3. La doctrina miasmàtica

- A principis de segle XIX, les malalties epidèmiques eren atribuïdes als “**miasmes**” (**verins** o efluvis **de naturalesa química** procedents de matèria orgànica en descomposició, la presència dels quals **en l'aire** desencadenava la malaltia).

- S'explicava així també el fet que les malalties infeccioses foren tan comunes en els barris bruts i pudents (suburbis), on l'aire es corrompia amb facilitat.

- La doctrina miasmàtica:

+ **L'aire era el vector d'un agent patogen (miasma) de naturalesa química.**

+ Un dels seus grans defensors fou el químic alemany Justus von Liebig.

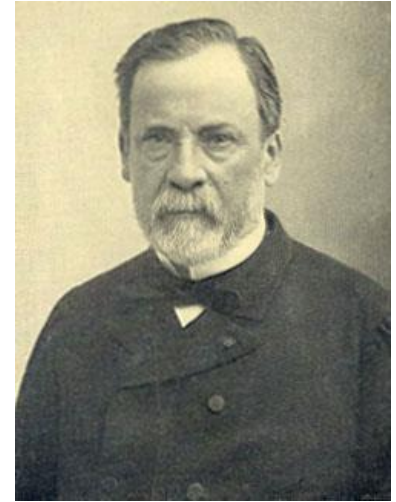
+ Ambientalista, impulsà l'adopció de mesures de caràcter sanitari.



Representació de la difusió de l'epidèmia de còlera (c.1834)

## 4. La trajectòria de Louis Pasteur

- L'obra del químic Louis Pasteur fou decisiva per a la refutació definitiva de la generació espontània.
- La seua **trajectòria intel·lectual** no fou ni lineal ni previsible, sinó fruit de l'entusiasme que li despertaven les múltiples investigacions que dugué a terme al llarg de la seua vida.



## L'obra microbiològica de Louis Pasteur (1822-1895)

- + Professor de química a les universitats d'Estrasburg, Lille i París.
- + Significativa evolució de la seua recerca:
  - ✓ isomeries (formes *levo* i *dextro* d'alguns cristalls)
  - ✓ les fermentacions (alcohòlica, làctica i butírica)
  - ✓ les malalties contagioses dels animals (carboncle de les ovelles)
  - ✓ les malalties contagioses humanes (ràbia, àntrax, febre puerperal)
- + Entre les seues aportacions, destaquen:
  - ✓ l'anaerobiosi (processos biològics en absència d'oxigen)
  - ✓ pasteurització (tècniques d'esterilització)
  - ✓ demostració experimental de la impossibilitat de la generació espontània
- + Fou acusat d'intrusisme per part dels col·lectius mèdics.

## 5. La crisi definitiva de la generació espontània

- A principis del segle XIX era universalment compartida la impossibilitat de la generació espontània entre els organismes vius superiors, però no era clar que no fora possible entre els éssers diminuts o microscòpics.
- El naturalista francès Buffon creia que els organismes vius eren constituïts per unes “molècules vivents” que s’hereten dels pares, s’ingereixen amb els aliments i passen al medi amb les excrecions i, sobretot, arran de la mort.
- Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), per exemple, havia publicat en 1809 la seua obra *Filosofia zoològica*, situant la generació espontània en el punt de partida de l’evolució biològica.



- En 1858 l'Académie des Sciences de París va promoure el debat sobre la generació espontània arran de la publicació de l'article, de Félix A. Pouchet, titulat "Sobre protoorganismes vegetals i animals nascuts en l'aire artificial i en el gas oxigen".
- Pasteur es posicionà en contra i, per mitjà d'una sèrie d'experiments, defensà i demostrà que l'aparició de microbis en l'aire era en realitat un fenomen de **contaminació de les mostres**: la matèria viva no pot sorgir de la matèria no viva.



Louis Pasteur comparant el flascó contaminat amb el flascó asèptic

## 6. Conseqüències immediates

- **Naixement de la microbiologia:** un submon poblat per una **infinitat d'éssers microscòpics**, alguns dels quals podien ser **patògens** i produir malalties als humans i als animals (**microbiologia mèdica**).
- Múltiples aplicacions a la **indústria alimentària** (productes làctics i begudes alcohòliques), en especial la conservació dels aliments.
- Curiosament, els experiments de Pasteur reforçaven **la idea del vitalisme** (la independència entre la matèria viva i la matèria “inert”).
- Per un altre costat, continuava pendent el problema de **l'origen de la vida** i es plantejava de nou el tema de la creació: en algun moment Déu hauria insuflat la vida en la matèria “inert” (Pasteur era un catòlic convençut); però, per un altre costat, es complicava amb la **teoria de l'evolució**.



Ferdinand Cohn (1828-1898)



Robert Koch (1843-1910)



## La microbiologia mèdica

- La mentalitat etiopatològica: la malaltia com a agressió externa per part de microorganismes.
- Antecedents en l'antiguitat i en la doctrina del "contagi viu" (Girolamo Fracastoro, segle XVI).
- Teoria general de la malaltia infecciosa (postulats de Koch):
  1. El microorganisme ha de ser trobat en abundància en tots els organismes que pateixen la malaltia, però no en organismes sans.
  2. El microorganisme ha de poder ser aïllat en un organisme malalt i ser cultivat *in vitro*.
  3. El microorganisme produït en el cultiu ha de causar malaltia quan és introduït en un organisme sa.
  4. El microorganisme ha de ser aïllat de l'amfitrió experimental inoculat malalt i identificat com a idèntic a l'original.



Descobrimet d'un univers microbià: la dona vessa la tassa de te en adonar-se del contingut d'una gota d'aigua del Tàmesi.

**Lectures recomanades:**

Barona, J.L. *Història del pensament biològic*, pp. 214-218.

Fara, P. *Breve historia de la ciencia*, pp. 379-400.



## 12. Claude Bernard i la fisiologia experimental





## Claude Bernard i la fisiologia experimental

- De l'anatomia *animata* a la fisiologia
- Si el cos és una màquina (mecanicisme), què és la vida?
- El principi vital i el vitalisme
- És vàlid el coneixement obtingut a partir d'un experiment?
- L'estudi de les funcions corporals: Claude Bernard i el mètode analític

# Claude Bernard i la fisiologia experimental

## 1. El vitalisme

## 2. La tradició empirista i antiteòrica

## 3. La fisiologia experimental

- Claude Bernard
- l'estudi de les funcions corporals
- la noció de medi intern
- el mètode analític
  - desenvolupament (fisiopatologia i farmacologia)
  - limitacions

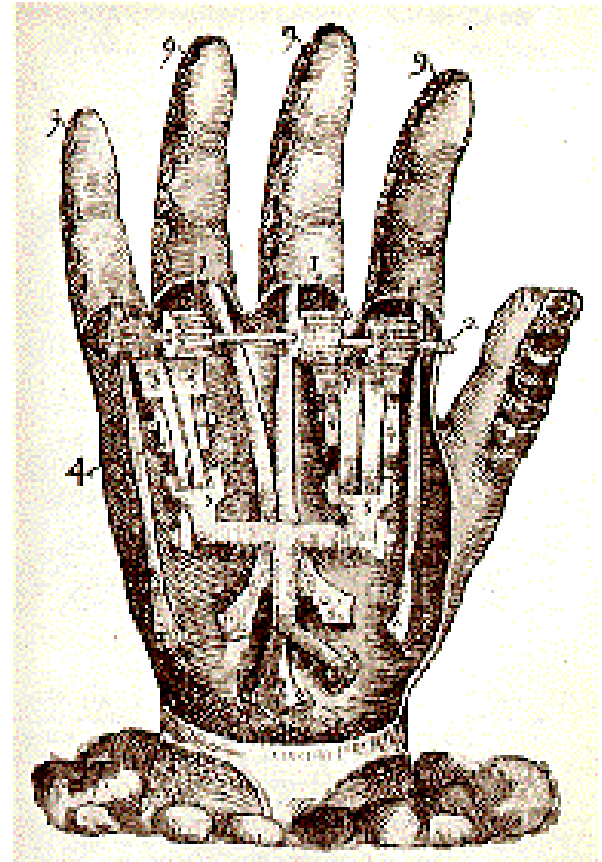
# 1. El vitalisme

Davant la incapacitat del mecanicisme materialista (l'home màquina) per a explicar nombroses funcions vitals, sorgiren diverses interpretacions que postulaven la radical diferència –qualitativa– entre els cossos vius (animats) i la resta de la matèria (inanimada).



- Els fenòmens vitals (fisiològics i, per extensió, els patològics) es desenvoluparien **més enllà de les lleis de la física o de la química.**

- “Fisiòlegs” com Haller, Müller i altres molts autors centreeuropeus, però també francesos (Sauvages), del segle XVIII i primeres dècades del XIX admetien l’existència d’un **principi vital** dins d’una concepció animista i idealista de la natura.





Tota la matèria estaria dominada per forces de signe contrari (químiques, magnètiques, elèctriques, etc.), però sobre la matèria viva actuarien, també, **forces vitals específiques**:

- ✓ reproductives (presentes als vegetals, els animals i, sens dubte, als éssers humans)
- ✓ la irritabilitat (capacitat de resposta motora, pròpia del sistema muscular, que inclouria també el cor)
- ✓ la sensibilitat (lligada al sistema nerviós, pròpia dels éssers més complexos, en especial dels humans)



Els autors partidaris del vitalisme acceptaven la realització d'experiències pautades. Això no obstant, es plantejaven la qüestió de la veracitat dels resultats obtinguts en la mesura que s'alteraven les condicions naturals (**artificialitat de l'experiment**):

- + “La natura (viva) emmudeix en el poltre de tortura (el laboratori).”
- + En conseqüència, l'observació és la sola via per a assolir el coneixement fisiològic.

## 2. La tradició empirista i antiteòrica

•En paral·lel al vitalisme, existia una tradició empirista i antiteòrica que preconitzava:

- + La realització d’“**experiències**” (experiments) amb animals sense necessitat de concepcions prèvies (François Magendie).
- + La **vivisecció animal** com a fonament del coneixement de les funcions vitals (*anatomia animata*).
- + La utilització de **la química** (analítica i orgànica) i de la **física** (hidràulica, estàtica, termodinàmica, electricitat, etc.) **com a ciències auxiliars** en el laboratori fisiològic, així com dels seus models experimentals.



Demostració fisiològica mitjançant la vivisecció d'un gos, 1832





Collège de France

### 3. La fisiologia experimental: Claude Bernard

- Claude Bernard (1813-1878):

- + Metge de formació.

- + Principal teòric de la fisiologia experimental.

- + Fou deixeble de F. Magendie i professor al Collège de France.

- + Autor d'una obra fonamental del pensament mèdic i biològic:

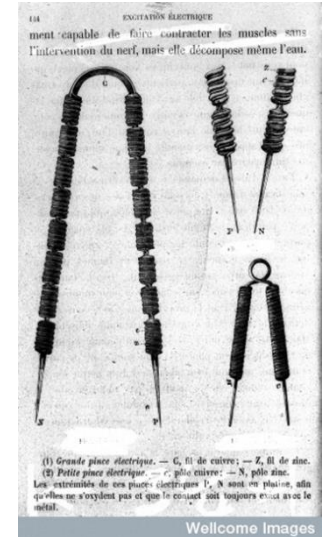
- Introduction à l'étude de la médecine expérimentale (1865).*

- Tot i que els seus estudis abasten tota la fisiologia general i l'especial (animal), se centraren principalment sobre:

- + el tracte digestiu (propietats del suc pancreàtic i la glucogènesi hepàtica);

- + el funcionament del sistema nerviós autònom i de la medul·la espinal;

- + l'acció dels verins.

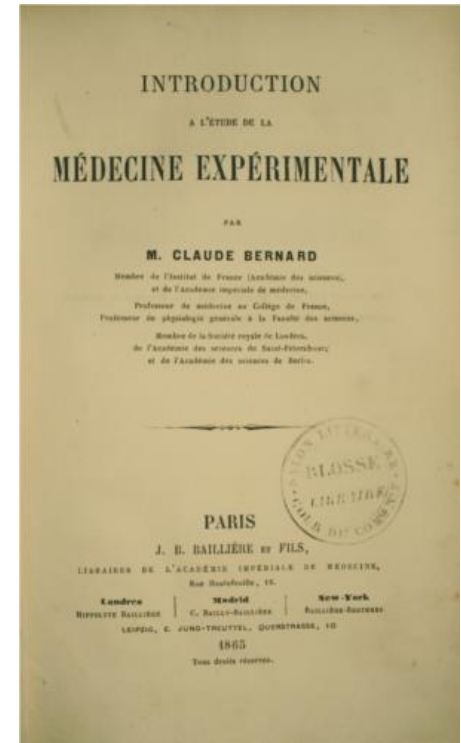




Claude Bernard i els seus deixebles al laboratori

# La noció de medi intern

- A l'interior de l'organisme es produeixen intercanvis entre els elements cel·lulars i tissulars i els components sanguinis **amb autonomia de les circumstàncies externes**.
- En “l'economia corporal”, existiria un balanç entre els canvis materials (analitzables per mitjà de la química) i els energètics (analitzables per mitjà de la física) que tenen lloc a l'organisme (l'**homeòstasi** de W.B. Cannon o tendència a **la constància del medi intern**).
- Aquesta noció permet comprendre les relacions que, en tot ésser viu, s'estableixen entre el tot i les parts.

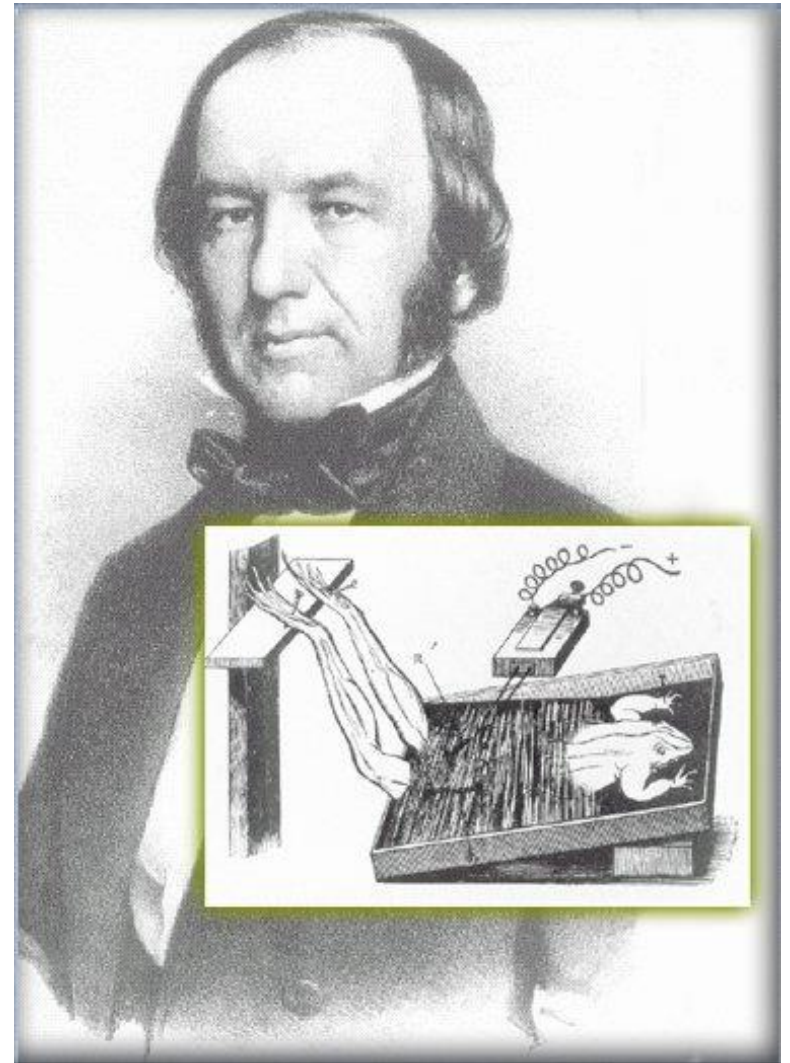




“Es pot afirmar que l'**experiment** és una observació provocada amb la finalitat de donar lloc al naixement d'una **idea**.”

“El fisiòleg és un savi absorbit per la idea científica que persegueix: no escolta els laments dels animals ni veu la sang que corre... No sent que és davant una carnisseria horrible... Segueix amb delit el trajecte d'un nervi entre la carn lívida i pestilent, cosa que per qualsevol altra persona seria un objecte de disgust i d'horror.”

Claude Bernard



•La seua obra, tot i que parteix de la tradició empírica antiteòrica, avança cap a un **racionalisme experimental**:

- + L'experiment permet la comprovació analítica dels fenòmens segons un pla previ determinat.
- + L'investigador provoca i altera a voluntat pròpia les manifestacions de l'objecte d'estudi.

# El mètode analític de C. Bernard

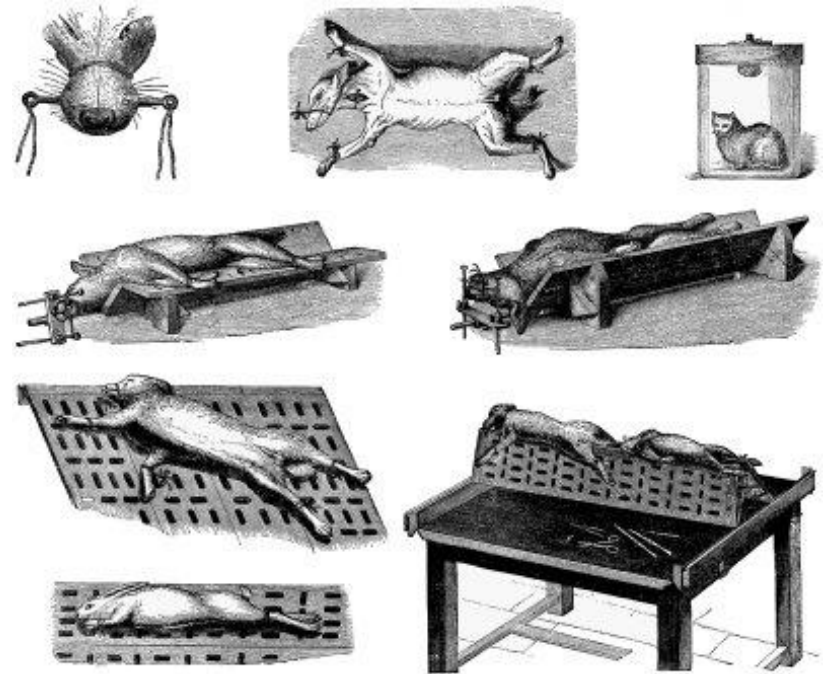
## Etapas

1. **Observació** d'un fenomen de la natura, que es manifesta a través de fets.
2. Comparació dels fets observats, que genera **un judici hipotètic** (idea *a priori*) basat en el principi absolut del determinisme (causa → efecte).
3. Realització de l'experiment partint de la idea *a priori*, que cal verificar (o validar) mitjançant **la contrastació** amb els resultats de l'experiment.

L'experimentador ha de **controlar** i **aïllar**, una a una si cal, les **variables** que hi concorren:

+ les **externes** (humitat, soroll, temperatura, vibracions, etc.);

+ les **internes** (condicions pròpies de l'organisme estudiat), per mitjà de la manipulació dels seus òrgans.

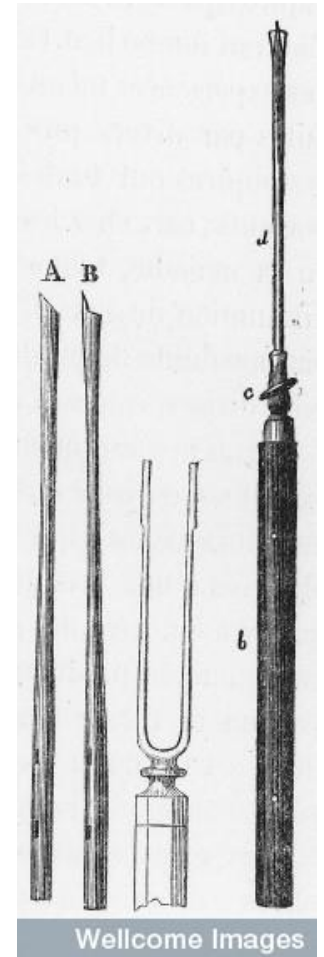


# Desenvolupament

•El mètode fisiològic ha de ser aplicat a l'estudi de les malalties (la patologia):

+ **vessant fisiopatològic**, que analitza els mecanismes de producció (la patogènia) de les malalties;

+ **vessant terapèutic** (la farmacologia experimental), que permet estudiar les vies d'absorció i difusió dels fàrmacs en l'organisme, així com els seus mecanismes d'acció.





## Limitacions del mètode analític

- El reduccionisme biològic

- + El control i selecció de les variables al laboratori implica necessàriament un reduccionisme de la realitat.

- + De totes les causes possibles sols es tenen en compte:

- ✓ les més pròximes en el temps i en l'espai;

- ✓ aquelles que poden aïllar-se al laboratori.

- El determinisme biològic

- + Principi de la monocausalitat: una causa, un efecte (idealment, a cada causa hauria de seguir necessàriament un efecte).

- + Supeditat al principi de conservació de la vida.

- La validesa dels resultats així obtinguts es qüestiona perquè:
  - + s'alteren les condicions naturals del fenomen;
  - + s'intenta extrapolar la interpretació dels resultats d'unes espècies a altres i, en especial, a la humana (constel·lacions causals infinitament més complexes).

**Lectures recomanades:**

Barona, J.L., *Història del pensament biològic*, p. 178-189.

Cunningham, A.; Williams, P. (ed.), “Introduction”, *The laboratory revolution in medicine*, p. 1-13.



# 13. L'experimentació animal



# **L'experimentació animal**

1. Història

2. Els animals de laboratori

3. Fonaments

4. L'experimentació animal en l'actualitat



## Antecedents en l'antiguitat:

- L'Escola d'Alexandria (Heròfil i Erasístrat).
- Mitrídates VI (132-63 aC) fa assajos en animals per a observar l'acció tòxica de verins i antídots.
- Galè millora les tècniques i fa disseccions en espècies molt diverses (sobretot micos).



## Segles XVI-XVII

### + Dissecció animals vius als teatres anatòmics

- ✓ circulació sanguínia i limfàtica

### + “Cirurgia infusòria” (ca. 1665)

- ✓ entre animals (gossos, ovelles)
- ✓ entre animals i éssers humans

### + Experiències sobre el paper de l'aire en la respiració

- ✓ la bomba de buit

### + Concepció mecanicista dels éssers animats

- ✓ *Traité de l'homme* (1648) de R. Descartes
- ✓ absència d'ànima racional en els animals (bruts)
- ✓ incapacitat dels animals de patir vertader dolor





Richard Lower (1631-1691): Primera transfusió de sang gos-gos i gos/ovella-humà

Administració de fàrmacs via intravenosa (ploma bisellada i bufeta)





Joseph Wright of Derby, *An Experiment on a Bird in the Air Pump*, 1768

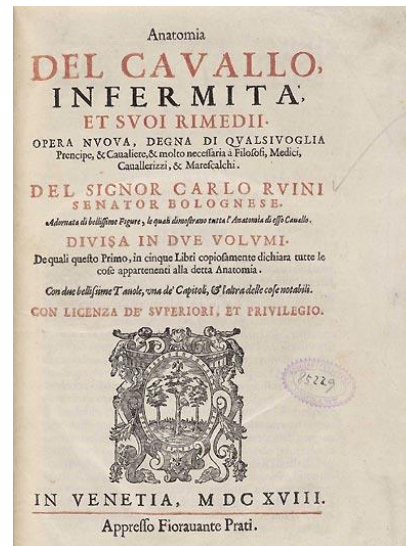


# La medicina veterinària

- interès pels animals susceptibles de ser curats i guarits

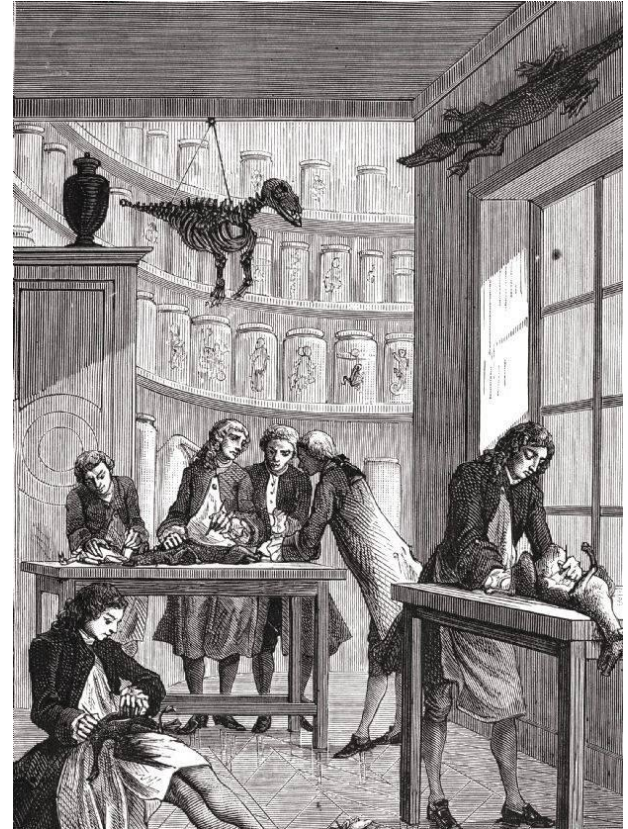
+ *Anatomia del cavallo, infirmità e suoi remedi*

(Carlo Ruini, 1598)



## La Il·lustració

- Major nombre d'experiments.
- Johann Jakob Harder (1656-1711): "els resultats experimentals són de major certesa que les fosques i contradictòries afirmacions dels autors clàssics de l'antiguitat".
- Experiments amb electricitat: Alessandro Volta i Luigi Galvani.
- Experiments sobre la respiració: Antoine Lavoisier (1743-1794).





Henri Duhamel Dumenceau (1700-1782): la utilitat justifica el sacrifici  
Albrecht von Haller (1708-1777): dubtes sobre la conveniència moral  
d'experimentar amb animals.

“...he experimentat en 190 animals, la qual cosa em produeix una sensació de crueltat per la qual sent rebutjat; això es pot suportar només pel desig de contribuir al benefici de l'espècie humana i ho puc excusar pel mateix motiu que indueix a les persones de temperament més humanitari a menjar cada dia animals encebats i innocents.”

[Sobre les parts sensibles i irritables dels animals] (1755)

Albert von Haller

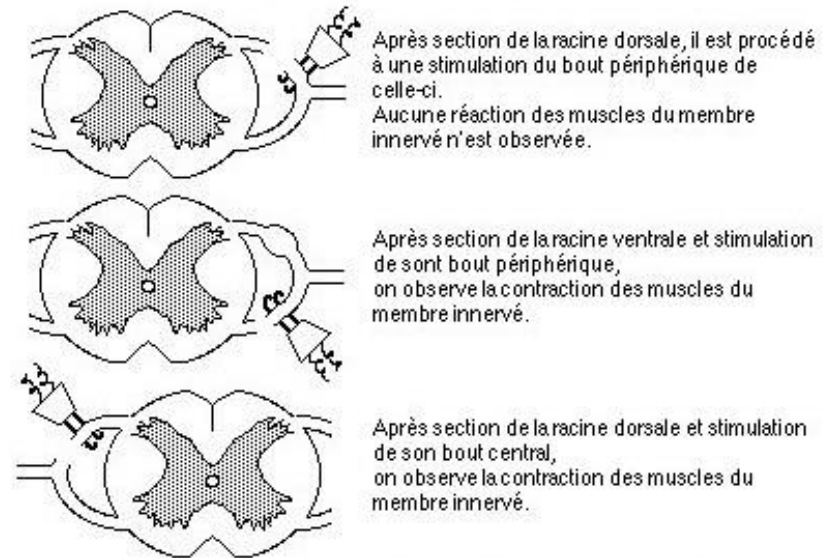
## Segle XIX

- A principi del segle XIX, s'accentuà la controvèrsia sobre la veracitat dels resultats obtinguts per mitjà de l'experimentació animal.
- “La natura emmudeix en el poltre de tortura.” (J. Müller)
  - ✓ Considera que la vivisecció és cruel i infructuosa.
  - ✓ Preconitza, per contra, l'observació.
- “Je suis un chiffonnier des faits” (\*) (F. Magendie)
  - ✓ La ciència requereix l'acumulació de dades.
  - ✓ Sense experimentació no pot desenvolupar-se la fisiologia.

(\*) "Soc un drapaire de fets"



- La llei de Bell-Magendie (Llei de la separació de funcions entre les arrels anteriors i posteriors de la medul·la espinal).
- Enunciada especulativament per Charles Bell, antiviviseccionista.
- Verificada per vivisecció al laboratori per François Magendie (seccionà alternativament les arrels anteriors i les posteriors de la medul·la espinal i observà les conseqüències motores i sensibles).



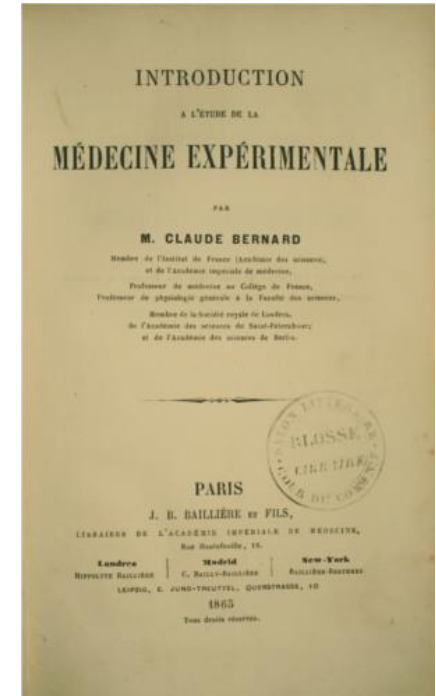
**VARIANTE DES EXPERIENCES DE BELL ET MAGENDIE**

• *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*  
(1865)

+ Obra més important de C. Bernard, deixeble de F. Magendie i professor del Collège de France.

+ Consagra l'experimentació animal (experiment analític) com a mètode fonamental de la fisiologia i de tota la medicina.

• No és anecdòtica la separació en 1867 de Claude Bernard i la seua esposa, Françoise Martin, militant de la Société Protectrice des Animaux (societat creada en 1845 i reconeguda en 1860 com a entitat d'utilitat pública).



“No s’han pogut descobrir les lleis de la matèria inerta més que penetrant en els cossos o en les màquines inerts; de la mateixa manera no es podran arribar a conèixer les lleis i les propietats de la matèria viva més que dislocant els organismes vius per a introduir-se en el seu medi intern. Necessàriament, doncs, després d’haver dissecat el cadàver, és necessari dissecar el viu per a posar al descobert i veure les parts interiors o ocultes de l’organisme.

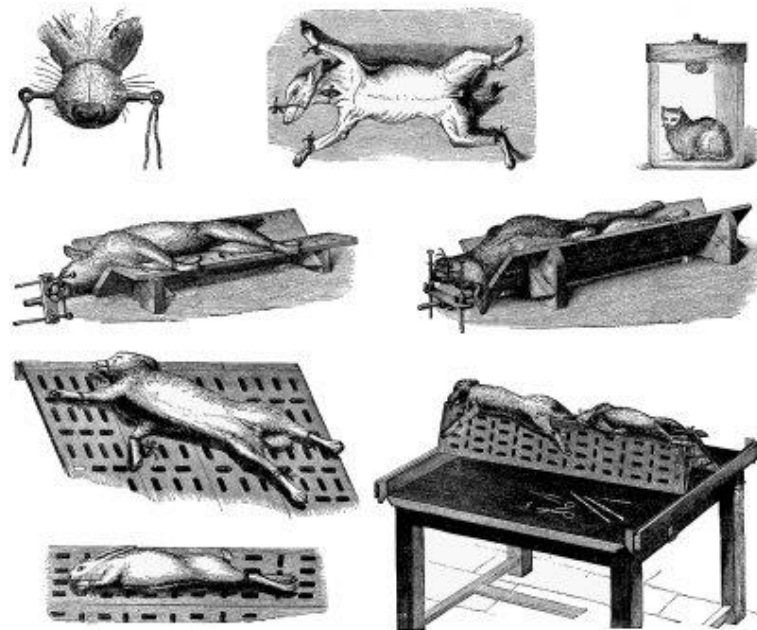


A aquesta espècie d’operacions se’ls dona el nom de viviseccions. Sense aquesta manera d’investigar, no hi ha fisiologia ni medicina científica possibles. Per a saber com viuen l’home i els animals, és indispensable veure’n morir un gran nombre, ja que els mecanismes de la vida no es poden desvelar i provar més que pel coneixement dels mecanismes de la mort.”

Claude Bernard, *Introducció a l’estudi de la medicina experimental* (París, 1865)

## Tenim dret a fer experiments i viviseccions en els animals?

“En la meua opinió, tenim aquest dret d’una manera completa i absoluta. Seria molt estrany, en efecte, que es reconeguera que l’home té el dret de servir-se dels animals per a tots els usos de la vida, per als serveis domèstics, per a la seua alimentació, i que se li prohibira servir-se per a instruir una de les ciències més útils a la humanitat.”



“És necessari no vacil·lar, la ciència de la vida no es pot constituir més que per experiències, i no es poden salvar de la vida uns éssers vius més que al preu del sacrifici d’altres. **Cal fer experiències en els homes o en els animals.** Ara bé, crec que els metges fan ja massa experiències perilloses en els homes abans d’haver estudiat acuradament en els animals. Jo no admet que siga moral assajar sobre els malalts als hospitals remeis més o menys perillosos o actius, sense que s’hagen prèviament experimentat sobre gossos, perquè tot el que s’aconsegueix en els animals pot ser perfectament vàlid quan se sap experimentar bé. Així, doncs, si és immoral fer en un home una experiència en cas que siga perillosa per a ell, encara que el resultat pugua ser útil a altres, és essencialment moral fer experiències en un animal, malgrat que siguen doloroses i perilloses per a ell, des del moment que elles puguen ser útils per a l’home.”



## **La dissecció animal en l'esfera pública (s. XIX-XX)**

En la segona meitat del segle XIX es va consolidar el mètode experimental no només en fisiologia, sinó també en farmacologia, microbiologia, medicina clínica i cirurgia, toxicologia i producció d'aliments, cosmètica, etc.

Paral·lelament, la vivisecció es va convertir en matèria de debat públic al mateix temps que la crueltat amb els animals:

Inici del moviment proteccionista (societats protectores).

Aparició de les primeres societats contra la vivisecció (1875).

Primera legislació proteccionista: Cruelty to Animals Act (1876).

Durant la primera meitat del segle XX va ser habitual la utilització d'animals en els laboratoris, tant per a la investigació com per a la docència.

Millora de condicions (anestèsia) i refinament de tècniques.

## La poliomielitis

Es calcula que entre 1920 i 1960 se sacrificaren més de 100.000 primats en els experiments encaminats a l'obtenció de la vacuna. Amb tal finalitat, els Estats Units va haver de mantenir relacions comercials amb diversos països que els permetien comprar, a preus desorbitats, els animals



# Els animals de laboratori

- Reactiu biològic: animal d'experimentació, en funció del tema d'estudi, capaç d'una resposta fiable i reproduïble.
- Vigilar la puresa: homogeneïtat somàtica, genètica i sanitària.
- Biològicament estandarditzats i genèticament uniformes mitjançant selecció col·lectiva atenent uns criteris.
- Centres dedicats a la seua obtenció: empreses, serveis tècnics, etc.

- Rosegadors: el desenvolupament de les rates de laboratori (rates albines). Cria habitual d'aquests animals partir de l'últim terç del segle XIX.
- Cobais i conills; porcs i micos (retirada).
- Incorporació progressiva d'altres animals: invertebrats, celenterats i cucs, crustacis i insectes. Peixos, amfibis, rèptils i ocells.
- Hi ha diversos milers d'animals de laboratori tipificats.



## ***Drosophila melanogaster***

Durant la segona meitat del segle XX, la *Drosophila* va ser emprada per a investigar assumptes tan diferents com les mutacions produïdes per la radiació, el desenvolupament embrionari del sistema nerviós o els ritmes biològics.



A principis del segle XXI, les investigacions amb aquesta mosca inclouen també l'estudi de malalties neurodegeneratives com la malaltia de Huntington o d'Alzheimer.



# Fonaments

Definició: utilitària (descobrir / aclarir fenòmens).

El seu fonament es basa en:

- a) la possibilitat de transferir els resultats dels experiments d'unes espècies a unes altres;
- b) l'existència de múltiples models experimentals en animals de sistemes metabòlics i fisiològics, de processos patològics, etc., que poden ser aplicats en benefici de l'espècie humana (i també dels animals);
- c) la manca d'un model perfecte d'experimentació animal aplicable a l'home.

- Necessitat de convergir des de models diferents amb la finalitat d'incrementar la significació biològica del fenomen estudiat, ja que existeixen diferències notables segons l'espècie. Exemples:

- + la difusió i l'absorció d'un producte a través del tub digestiu són diferents entre un animal carnívor (gat) i un rumiant (vaca);

- + la tolerància a un medicament és diferent segons les espècies (algunes races de conills són insensibles a l'atropina).

- En els anys 80 del segle passat, hi havia vora 5.000 models d'animals de laboratori tipificats; el seu nombre s'ha multiplicat en els darrers anys amb els animals transgènics i immunodeprimits.

## Entre les àrees prioritàries que utilitzen experimentació animal:

+ la salut humana i animal

- ✓ desenvolupament de tècniques diagnòstiques
- ✓ obtenció de vacunes (profilaxi) i fàrmacs (terapèutica)
- ✓ salut pública

+ la cosmètica: pel risc de provocar irritació, al·lèrgies i altres lesions

+ investigació genòmica (seqüenciació de genomes, expressió gènica, identificació de gens implicats en malalties, etc.)

+ processos biotecnològics (bioseguretat, identificació de contaminants, producció de proteïnes, etc.)

# L'experimentació animal en l'actualitat

Els progressos en el camp de l'etologia han obligat a reconsiderar el potencial dels animals per a experimentar dolor, estrès, depressió, ansietat. En definitiva, el **malestar animal** és més gran del que s'havia imaginat.


Louis Leakey, a famous archaeologist and naturalist, unwaveringly believed in Darwin's Evolution theory which lead him to choose three women, not men, to study and observe the three Great Apes.

## LEAKEY'S ANGELS

Chimpanzee, Gorilla and Orangutan. Jane Goodall dedicates her life to educating humans about the plight of Chimpanzees and animals, Dian Fossey's death represents the problems with poaching and killing animals for bush meat and Birute Galdikas continues to work in Borneo to help save the great red apes

### JANE GOODALL


In 1960, Goodall witnessed a Chimpanzee strip leaves off a twig to create a tool to fish for termites. This famous discovery changed scientists mind on the definition of man. At the time of this discovery, man was defined as the only animal to make and use tools, which now has been observed in many other animals. Also she witnessed chimpanzees hunting in groups.



CHIMPANZEE

### DIAN FOSSEY


Fossey had to work with the most shy great apes, the giant, yet peaceful Gorillas. By imitating their behavior and learning how to vocalize like them, she gained the Gorilla's trust and in 1970 she made contact with her first Gorilla after studying them for 3 years. Sadly, in 1985 Dian was murdered in her cabin, one day after Christmas. She will be missed.



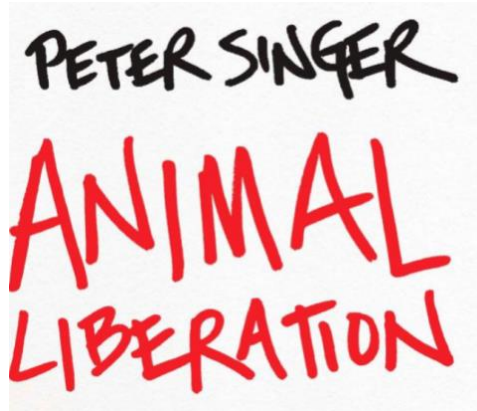
GORILLA

### BIRUTE GALDIKAS

The last of Leakey's Angels, Galdikas has studied the Orangutans since 1971 in Borneo. She has worked with the great Red Apes for over 30 years at "Camp Leakey", which she has helped preserve an area of land to help save the Orangutans. As of 2009, her group has over 300 orphaned Orangutan babies which they hope that most will be able to released back into the wild.



ORANGUTAN



**Animals que pateixen:** oposició a la discriminació (*speciecists = racists*) d'un ésser viu pel fet de pertànyer a una determinada espècie. Dret a una igual consideració de tots els éssers capaços de patir. Concedir menor importància a éssers perquè tinguen ales o pelatge no és més just que discriminar a algú pel color de la seua pell.

Recomanació del **vegetarianisme**: no condemna que s'utilitzen animals per al consum humà sempre que els mètodes per a matar-los no comporten patiment, però la solució més pràctica, per a evitar controvèrsies, és adoptar una dieta vegetariana.

Condemna la **vivisecció**, però creu que alguns experiments amb animals poden ser acceptables si el benefici (millora del tractament mèdic, etc.) supera al dany causat. Però hi ha moltes dificultats per a definir el benefici.





PEOPLE FOR THE ETHICAL TREATMENT OF ANIMALS

Animals are **not** ours to eat, wear, experiment on, use for entertainment, or abuse in any way.

[Home](#) [Features](#) [Video](#) [Action](#) [Blog](#) [Issues](#) [Living](#) [Shop](#) [Interactive](#) [Media Center](#) [About PETA](#) [Donate Now](#)

[ANIMALS USED FOR FOOD](#) [ANIMALS USED FOR CLOTHING](#) [ANIMALS USED FOR EXPERIMENTATION](#) [ANIMALS USED FOR ENTERTAINMENT](#) [COMPANION ANIMALS](#) [WILDLIFE](#)

## Animals Used for Experimentation

Right now, millions of mice, rats, rabbits, primates, cats, dogs, and other animals are locked inside cold, barren cages in laboratories across the country. They languish in pain, ache with loneliness, and long to roam free and use their minds. Instead, all they can do is sit and wait in fear of the next terrifying and painful procedure that will be performed on them.

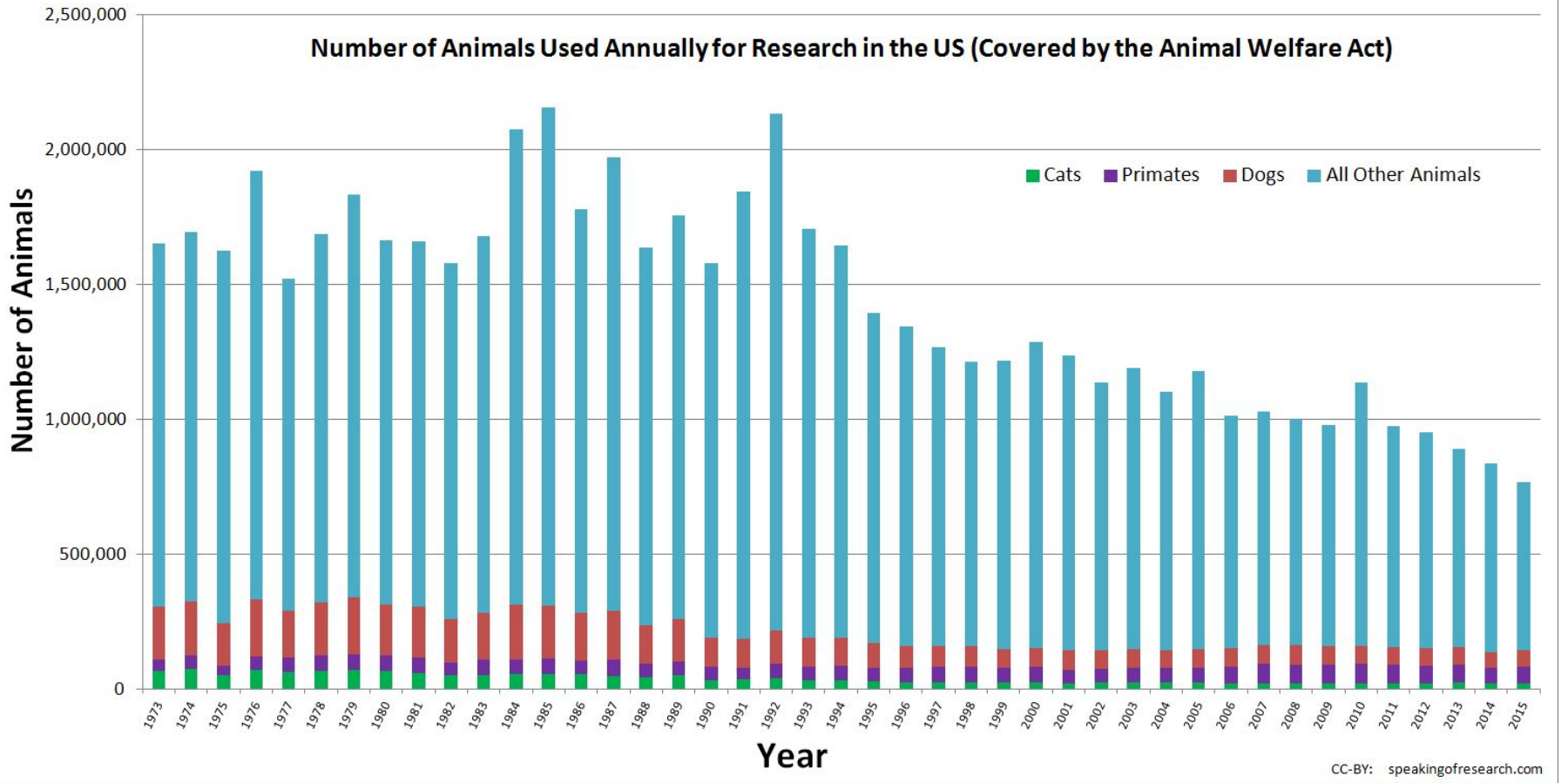
[▶ Read More](#)



### POPULAR RESOURCES



Number of Animals Used Annually for Research in the US (Covered by the Animal Welfare Act)



- La majoria de les regulacions actuals s'inspiren en les tres "erres": reduir, refinar i reemplaçar (William Russell & Lex Burch, *The Principles of Humane Experimental Technique*, 1959).
- Directiva 2010/63 de la Unió Europea:
  - Reduir al mínim el nombre d'animals utilitzats.
  - Millorar i refinar la cria, l'allotjament i les cures, així com eliminar o reduir al mínim el dolor, el sofriment i l'angoixa dels animals de laboratori.
  - Cercar en la mesura del possible procediments que no impliquen l'ús d'animals vius.

## DIRECTIVAS

DIRECTIVA 2010/63/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO  
de 22 de septiembre de 2010  
relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos  
(Texto pertinente a efectos del EEE)



# BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 34

Viernes 8 de febrero de 2013

Sec. I. Pág. 11370

### I. DISPOSICIONES GENERALES

#### MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

- 1337** *Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.*

**“The most important issues in debate about animal experimentation are the assessment of the scientific value of an experiment, of the knowledge or benefit to be gained, and of the suffering (if any) involved, and the question of how to balance these. It is ultimately a moral problem, and a question of responsibility borne both by the scientist and by the rest of society in the characteristically human task of removing ignorance and minimising suffering”**

William Paton

Vivisection, morals, medicine: commentary from a vivisecting professor of pharmacology

*Journal of Medical Ethics* 1983; 9: 102–4

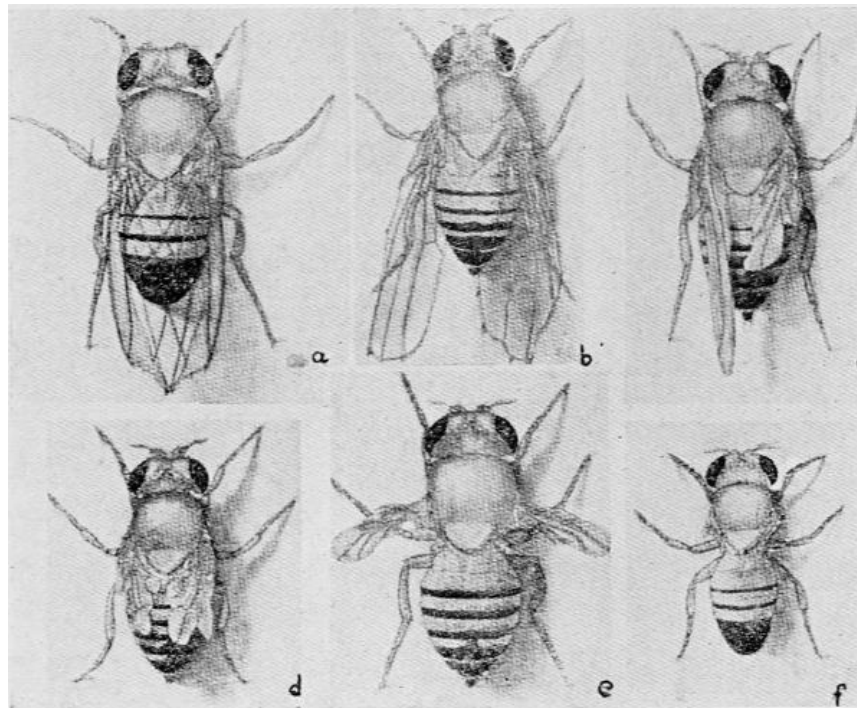


**Lectures recomanades:**

Zúñiga, Martín *et al.* (ed.). *Ciencia y tecnología del animal de laboratorio*, Madrid, Universidad de Alcalá, 2008

Guerrini, Anita. *Experimenting with Humans and Animals: From Galen to Animal Rights*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2003

Monamy, Vaughan. *Animal Experimentation. A Guide to the Issues*. Cambridge, Cambridge University Press, 2009



# 14. La genètica

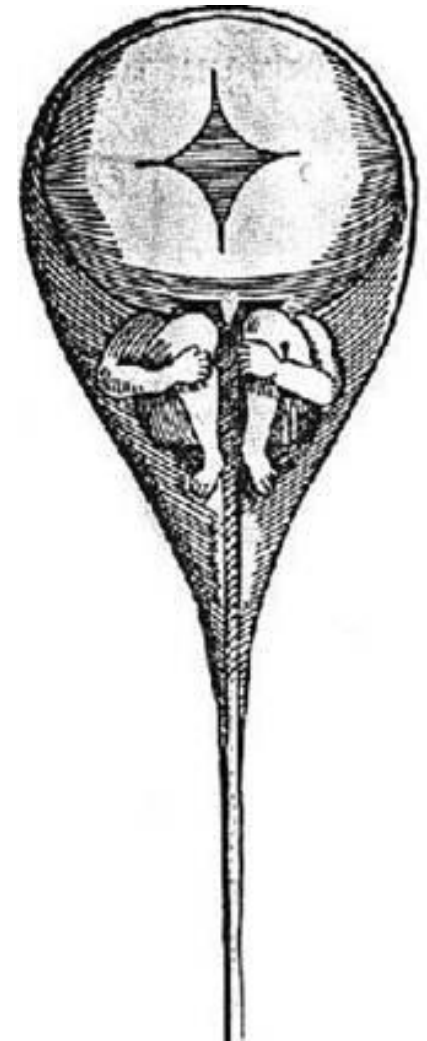


# La genètica

1. Ontogènesi i desenvolupament embrionari
2. Mendel i la genètica clàssica
3. La biologia molecular
4. Consideracions finals

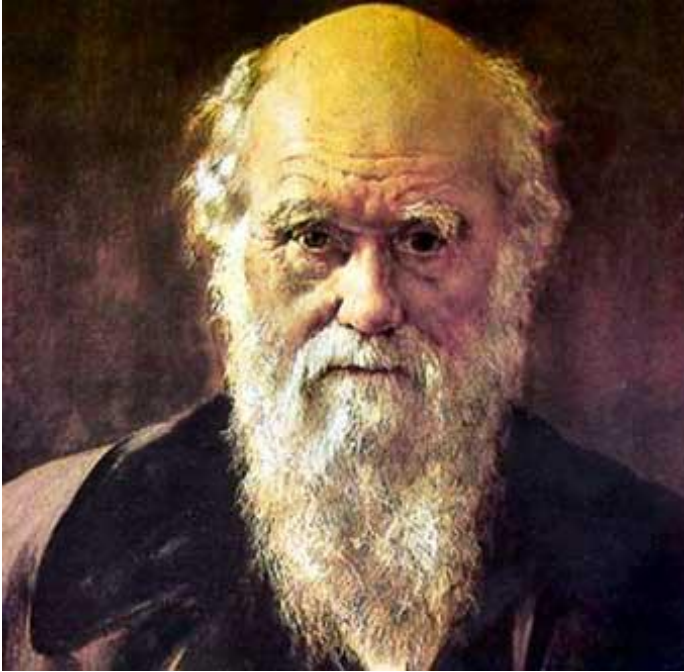
# Ontogènesi i desenvolupament embrionari

- Epigènesi fins al segle XVII
- Preformacionisme (segles XVII-XVIII)
  - Major conformitat amb el *Gènesi*
  - Mecanicisme i microscòpia
  - La totalitat de la raça humana continguda a l'esperma d'Adan o els ovaris d'Eva
    - Animalculisme i ovisme
- Epigènesi (des de finals del segle XVIII):
  - C. F. Wolff i el vitalisme
  - Les capes germinatives
  - La teoria de la recapitulació (Haeckel)



Nicolaas Hartsoeker, *Essai de dioptrique* (1694)

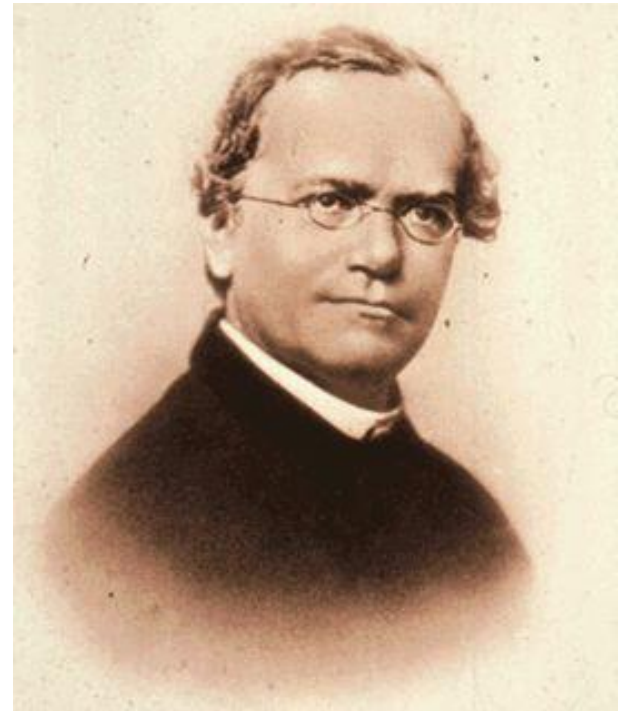
## Darwin i la pangènesi



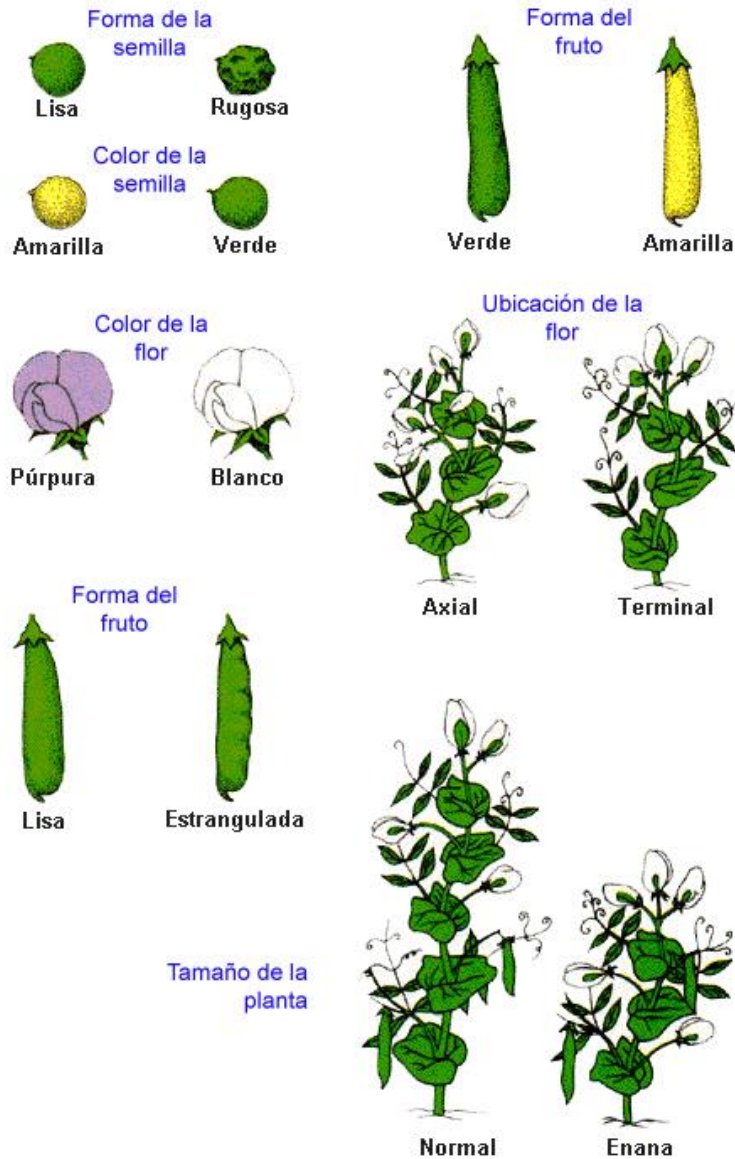
- Antecedents clàssics (Anaxàgores, Demòcrit, Escola Hipocràtica, etc.).
- L'herència funciona mitjançant la transmissió de partícules diminutes ('gèmmules') procedents de les diverses parts del cos dels progenitors.
- Les diferències de trets es combinen en els fills.
- Els canvis adquirits pels progenitors es reflecteixen en les gèmmules que transmeten.



## Mendel i la genètica clàssica



Gregor Mendel (1822-1884)



- Experiències fetes entre 1856 i 1863 amb 27.000 exemplars de *pisum sativa* de 34 varietats i 7 característiques morfològiques principals.
- Estudi de les relacions matemàtiques de freqüència en la transmissió de caràcters individuals.
- Conferències a la Gesellschaft für Naturforschung de Brno (1865) i *Versuche über Pflanzenhybriden* (1866).

## Les lleis de Mendel

•Els híbrids no són formes intermèdies: hi ha formes dominants i recessives.

a) 1a llei o principi de la uniformitat dels híbrids de la primera generació filial.

b) 2a llei o principi de la segregació dels caràcters en la segona generació filial:

“Resulta ara clar que els híbrids formen llavors que tenen l'un o l'altre dels dos caràcters diferencials, i d'aquests la meitat tornen a desenvolupar la forma híbrida, mentre que l'altra meitat produeix plantes que romanen constants i reben el caràcter dominant o el recessiu en igual nombre”.

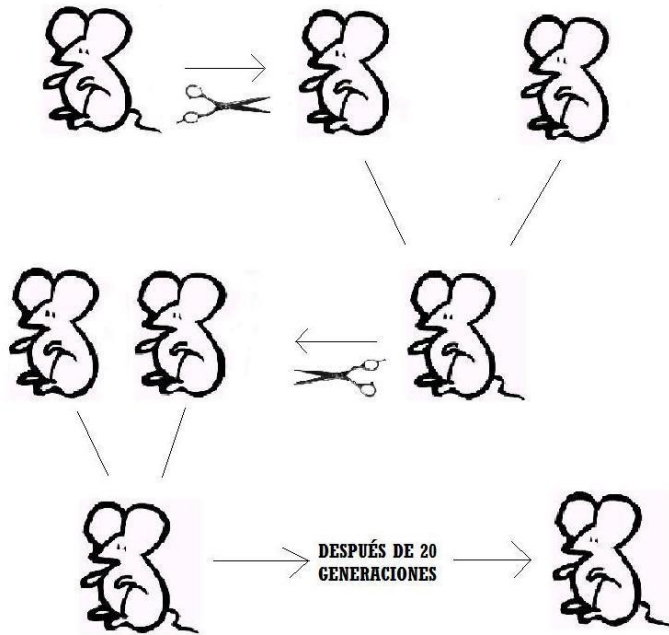
c) 3a llei o de la independència dels caràcters hereditaris (9:3:3:1):  
diferents trets són heretats independentment els uns dels altres, de manera que el patró d'herència d'un tret no afectarà el patró d'herència d'un altre.

## El redescobrimet de Mendel

- Les seues aportacions no pogueren ser valorades fins unes dècades després perquè no es pensava en la transmissió de trets individuals.
- Mendel, en realitat, no buscava les lleis de l'herència, sinó entendre els processos d'hibridació.
- Atribuït a Hugo de Vries, Carl Correns i Erich von Tschermak (1900).
- Raons del seu redescobrimet:
  - Possibilitat d'estudiar la transmissió de trets individuals.
  - Descrèdit del darwinisme (canvis entre generacions, buits en el registre fòssil, immoralitat de la lluita per la vida, etc.).
  - Descrèdit de la teoria de la recapitulació.
  - Atractiu de l'aproximació matemàtica i predictiva (William Bateson).
  - S'emmarca en l'interès per l'herència de l'època, però també hi hagué forts interessos comercials d'agricultors i ramaders.

**DEMOSTRACIÓN DE LA EXISTENCIA DE CARACTERES ADQUIRIDOS  
NO TRANSMITIDOS A LA DESCENDENCIA**

**AUGUST WEISMANN**



**ESTE EXPERIMENTO DEMOSTRÓ LA  
EXISTENCIA DE CARACTERES ADQUIRIDOS,  
QUE NO SE TRANSMITÍAN A LA DESCENDENCIA**

REALIZADO POR DANIEL PILOT

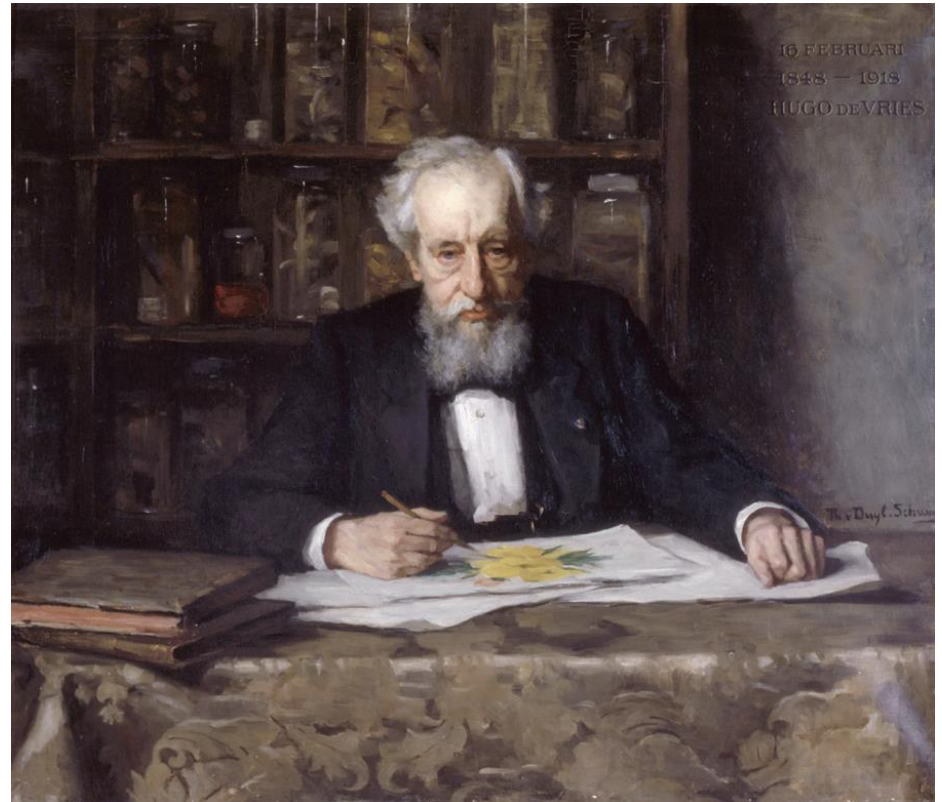
## Contribucions des de la teoria cel·lular

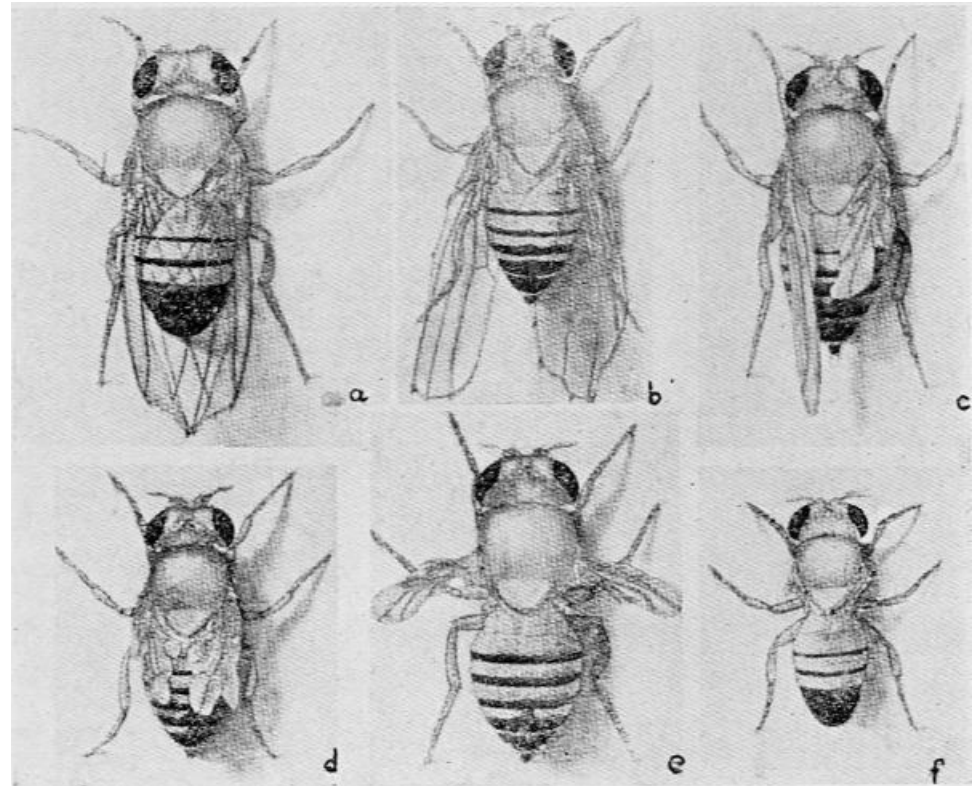
- El material genètic es troba en el nucli cel·lular.
- Oskar Hertwig: l'embrió resulta d'una cèl·lula única de l'òvul femení fertilitzat pel nucli d'un únic espermatozoide masculí.
- Edouard van Beneden: els gàmetes aporten només la meitat de la dotació.
- August Weismann: el 'plasma germinal' és independent del somatoplasma (impossibilitat del lamarckisme).



## La teoria de les mutacions

- Formulada fonamentalment pel metge i botànic holandès Hugo de Vries (1848-1935).
- En contraposició al darwinisme, dona suport a la idea de transformacions abruptes.
- Les mutacions serien la font de les variacions aleatòries; les lleis de Mendel permetrien a la selecció reduir la freqüència d'un gen nociu i incrementar la d'un gen que atorga un avantatge adaptatiu.





El gen (Wilhelm Johannsen): secció del cromosoma que codifica un tret.

Thomas Hunt Morgan i la teoria cromosòmica:

Model d'estructuració lineal dels gens en els cromosomes.

Primers estudis de patologia cromosòmica (mutacions).

# La teoria sintètica de l'evolució

Mayr, Huxley, Simpson, Dobzhansky

1. Teoria de l'evolució
2. Genètica clàssica
3. Mutacions aleatòries
4. Genètica de poblacions

# La biologia molecular

- Descobriment dels àcids nucleics com a portadors del material genètic.
- Descobriment de l'estructura de l'ADN (1953).
- El gen es compon d'una seqüència de bases nitrogenades que configuren cada segment.
- ADN → ARN → Proteïnes

No. 4386 April 25, 1953

NATURE

737

## MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

### A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey<sup>1</sup>. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons:

(1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining β-D-deoxy-ribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow righthanded helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions.

Each chain loosely resembles Furberg's model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's standard configuration<sup>2</sup>, the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There is a residue on each chain every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so

that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain, does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain, is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally<sup>3,4</sup> that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

The previously published X-ray data<sup>5,6</sup> on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in time following, communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereo-chemical arguments.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at King's College, London. One of us (J.D.W.) has been aided by a fellowship from the National Foundation for Infantile Paralysis.

J. D. WATSON  
F. H. C. CRICK

Medical Research Council Unit for the Study of the Molecular Structure of Biological Systems, Cavendish Laboratory, Cambridge. April 2.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis.

<sup>1</sup>Pauling, L., and Corey, R. B. *Nature*, 171, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, 39, 84 (1953).

<sup>2</sup>Furberg, S. *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).

<sup>3</sup>Chargaff, E. for references see Zarnhof, S., Brownem, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).

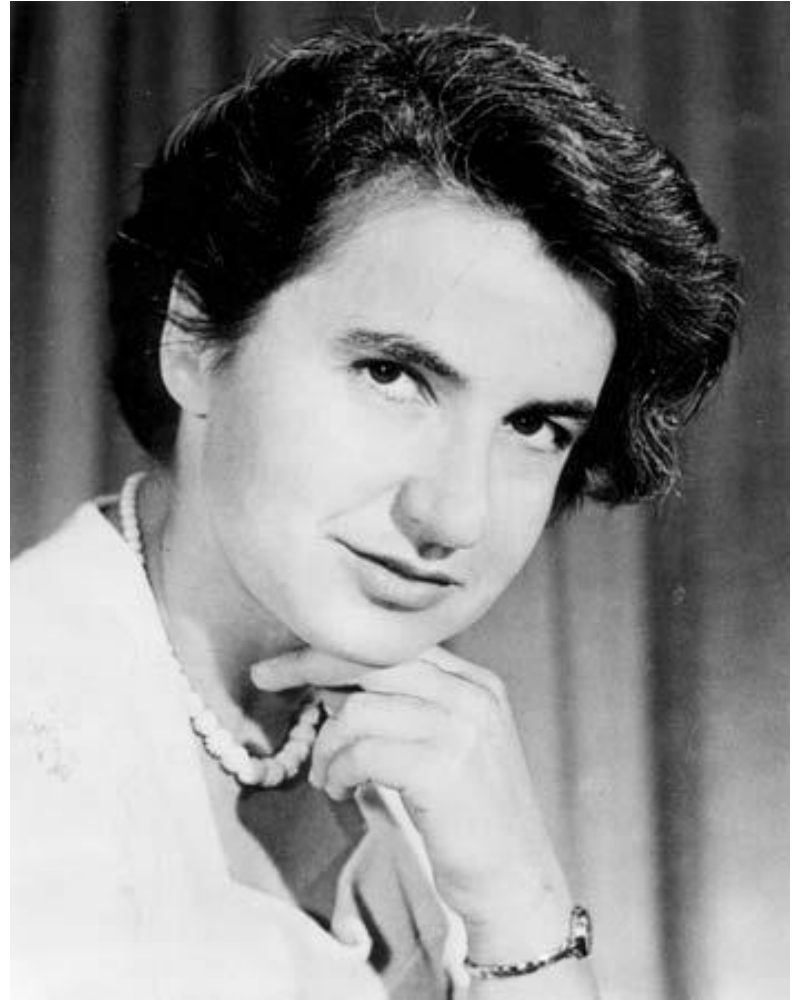
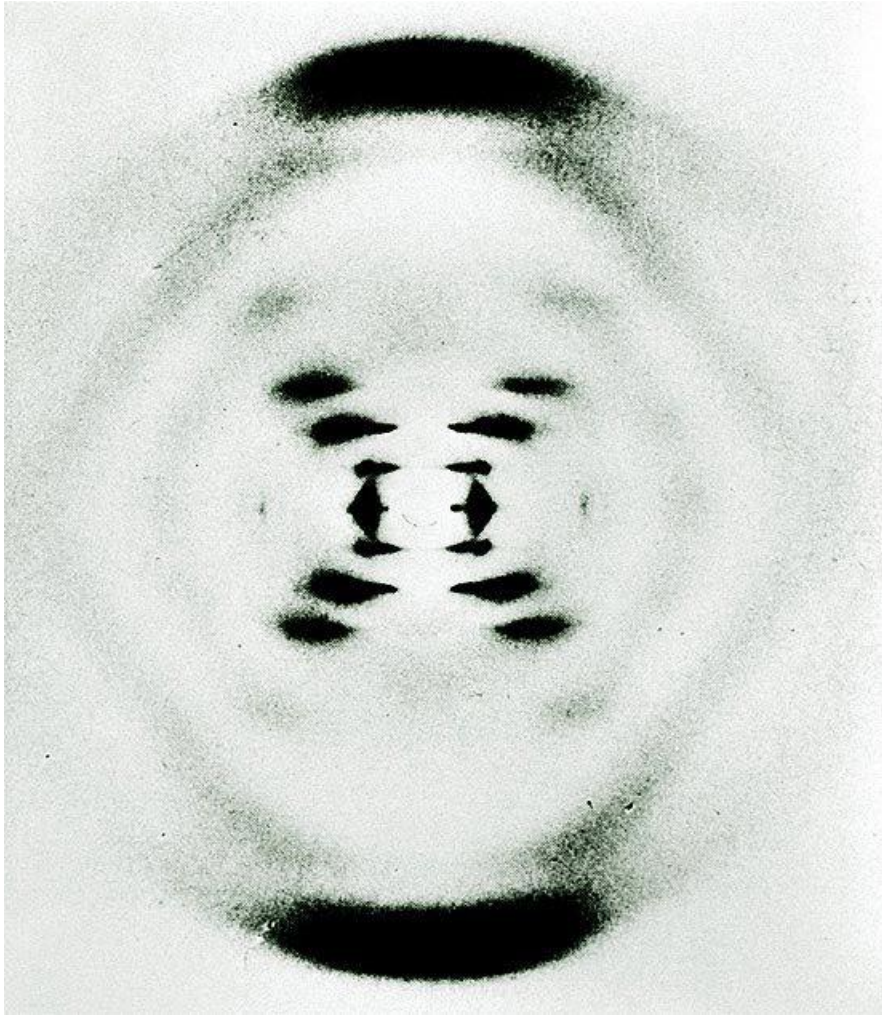
<sup>4</sup>Wyatt, G.R. *J. Gen. Physiol.*, 34, 201 (1952).

<sup>5</sup>Asbury, W. T., *Symp. Soc. Exp. Biol. J. Nucleic Acid*, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).

<sup>6</sup>Wilkins, M. H. F. and Randall, J. T. *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 102 (1955).



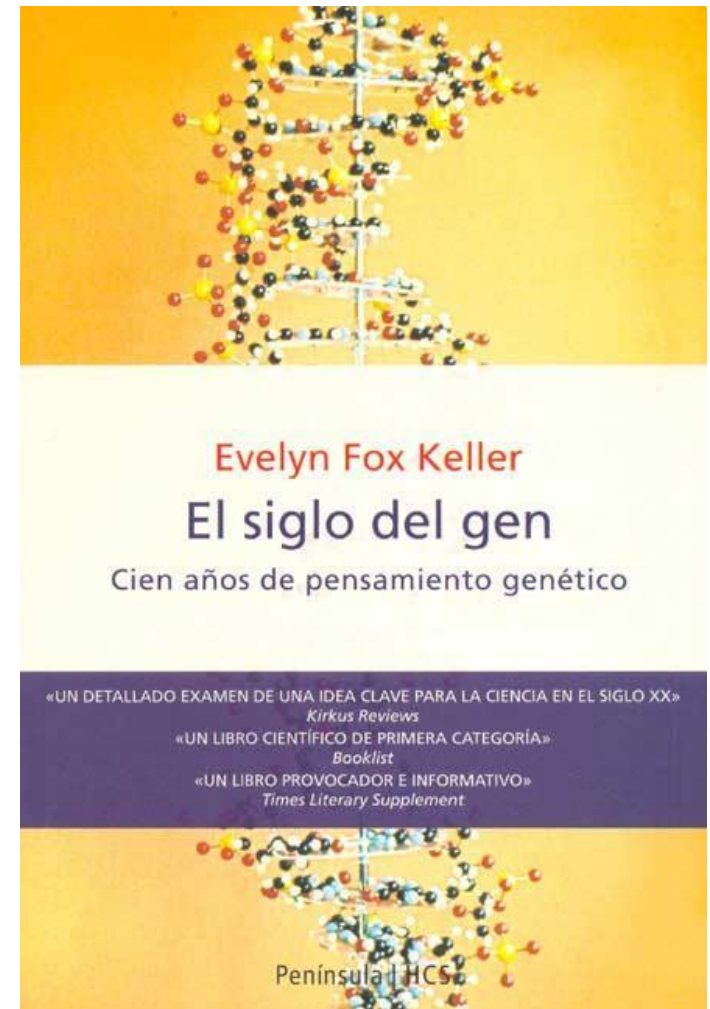




Rosalind Franklin (1920-1958)

## Consideracions finals

- La noció del gen unitari no contaminat per influències ambientals com a producte cultural.
- El desenvolupament de la biologia molecular ha acabat qüestionant aquesta noció:
  - Una alteració en un gen pot causar malalties greus, però l'herència de caràcters desitjables pot dependre de molts gens.
- Són realistes les expectatives posades en la teràpia o l'enginyeria genètica?
- Ha conduït la genètica a un nou determinisme? Quin és el paper de l'ambient?





# Sociobiology

THE NEW SYNTHESIS

Edward O. Wilson



# RICHARD DAWKINS

## the selfish gene



OXFORD

'the sort of popular science writing that makes the reader feel like a genius' *The New York Times*

**Lectures recomanades:**

Barona, J. L., *Història del pensament biològic*, p. 207-212.

Fara, P. *Breve historia de la ciencia*, p. 338-346, 375-384.

Gomis, A. *El fundador de la genética. Mendel*. Madrid, Nívola, 2001.

Bowler, P. J., Morus, I.R. *Panorama general de la ciencia moderna*, Barcelona, Crítica, 2007, p. 238-267.



# 15. Ecologia i ecologisme





# **Ecologia i ecologisme**

1. La ciència i l'exploració dels recursos
2. L'ascens de l'ecologisme
3. Orígens de l'ecologia

# El Gènesi

24 Déu digué:

--Que la terra produísca éssers vius de tot tipus: bestioles i tota mena d'animals domèstics i feréstecs.

I va ser així.

25 Déu va fer tota mena d'animals feréstecs i domèstics i tota mena de cucs i bestioles. Déu veié que tot això era bo.

26 Déu digué:

--Fem l'home a imatge nostra, semblant a nosaltres, i **que sotmeta** els peixos del mar, els ocells del cel, el bestiar, i tota la terra amb les bestioles que s'hi arrossequen.

27 Déu va crear l'home a imatge seua, creà l'home i la dona.

28 Déu els beneí dient-los:

--Sigueu fecunds i multipliqueu-vos, **ompliu la terra i domineu-la; sotmeteu** els peixos del mar, els ocells del cel i totes les bestioles que s'arrossequen per terra.

29 Déu digué encara:

--Mireu, us done totes les herbes que fan llavor arreu de la terra i tots els arbres que donen fruit amb la seua llavor, perquè siguem el vostre aliment.

30 --A tots els animals de la terra, a tots els ocells del cel i a totes les bestioles que s'arrossequen, a tots els éssers vius de la terra, els done l'herba verda per aliment.  
I va ser així.

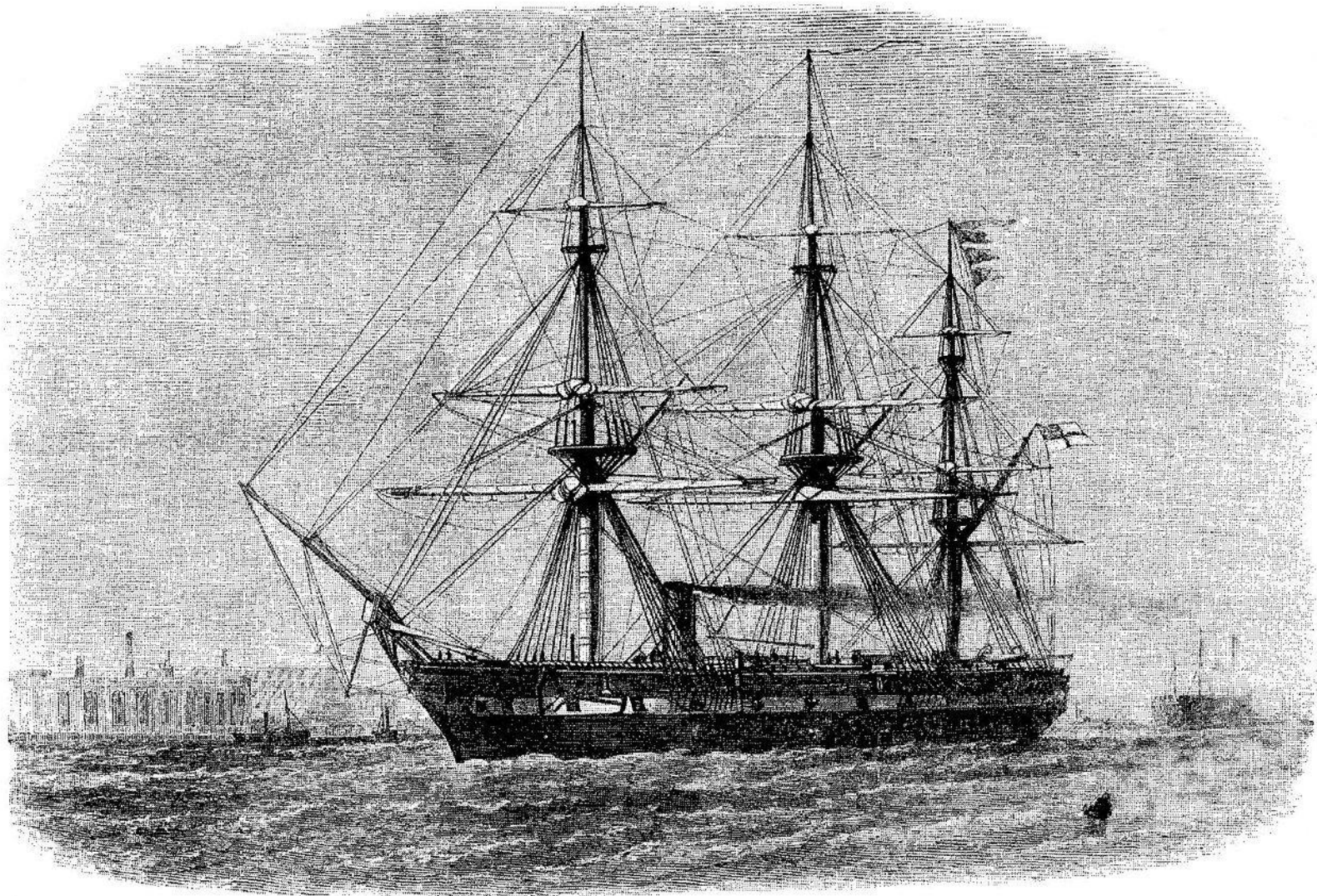
## La ciència i l'exploració dels recursos

- La *nuova scienza* i el domini de la natura (Bacon): el món, una font passiva de recursos a disposició de la humanitat.
- Paper de les expedicions científiques en la recerca i explotació de recursos (Cook, *Beagle*, *Challenger*, etc.).
- Ciència i imperialisme (quina, cauxú, etc.): l'extensió de l'agricultura i els nous cultius.



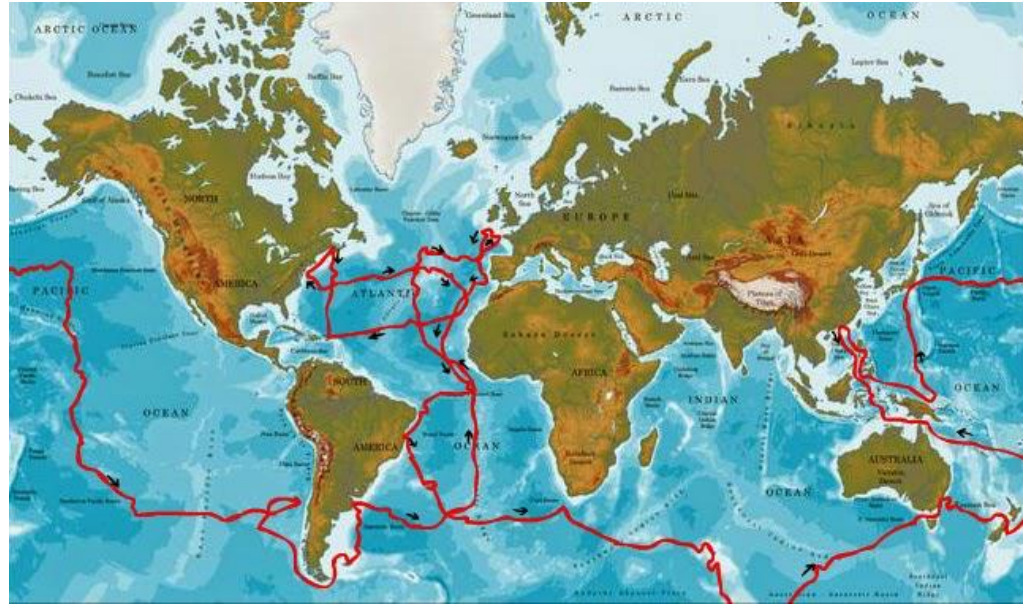
Pierre Sonnerat, *Voyage à la Nouvelle Guinée* (1776)





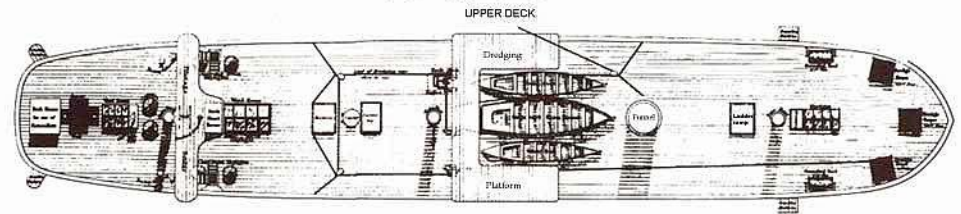
HMS Challenger (1872-1874)





## *H.M.S. Challenger*

*as fitted for a voyage of Deep sea exploration - Dec 7 1872*





## L'ascens de l'ecologisme



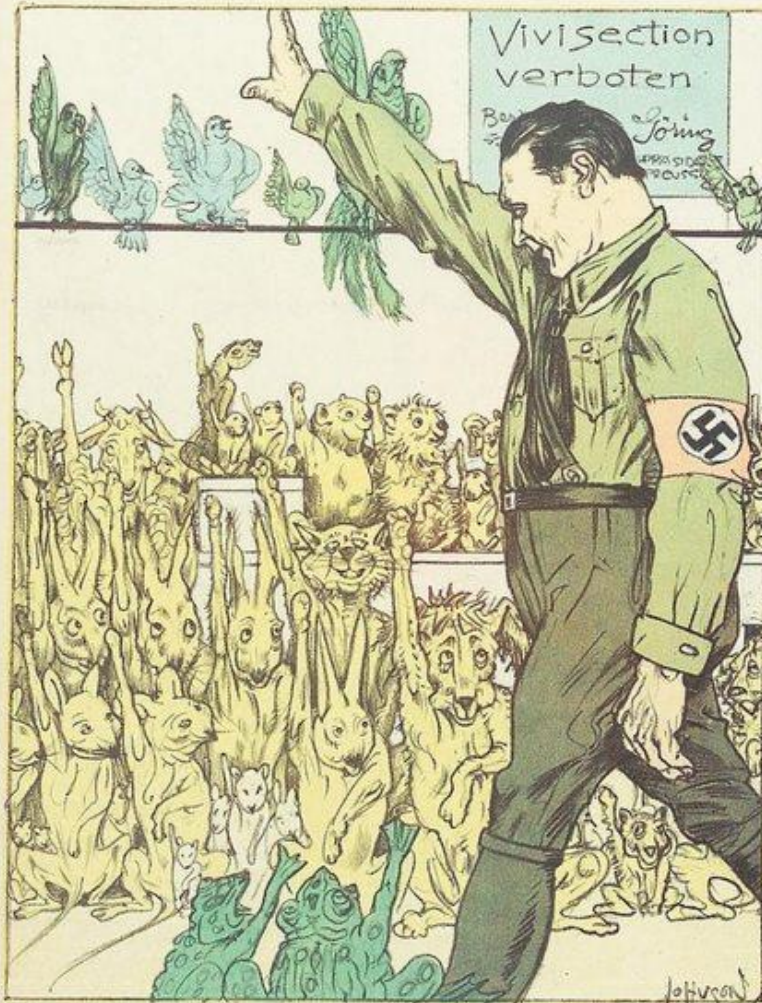
William Blake (1757-1827)

- Antecedents romàntics: de l'*Imperium hominis* a l'*Anima mundi*.
- William Blake: la ciència mecanicista com a component clau de l'explotació incontrolada de la natura.
- Henry D. Thoreau i l'alienació per l'estil de vida urbà i industrial.
- George Perkins Marsh, *Man and Nature* (1864): denúncia de la destrucció del medi natural.



Parc Nacional de Yosemite Valley (John Muir, Califòrnia, 1864)

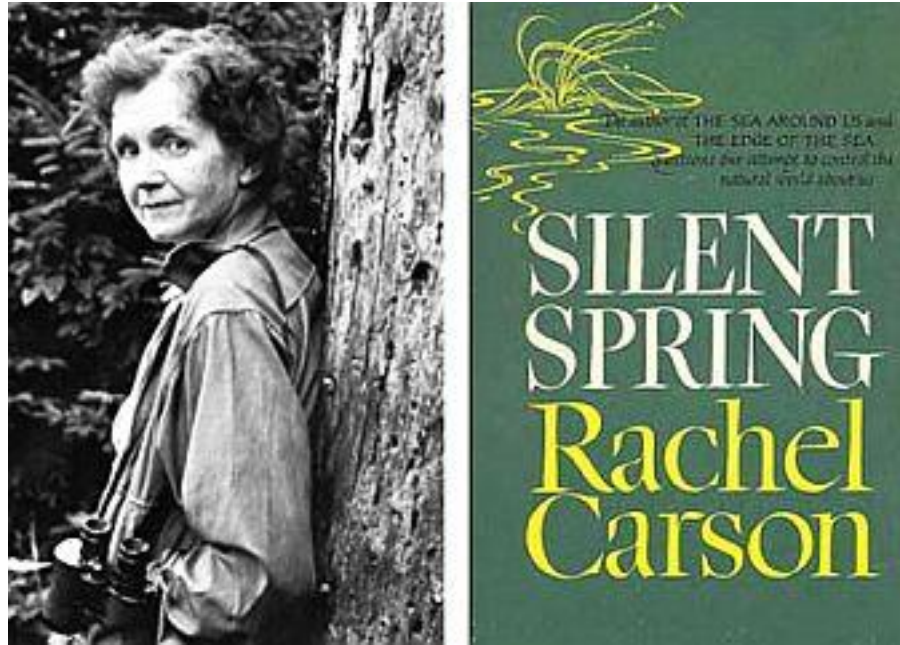
Eine Kulturtat



Heil Göring!

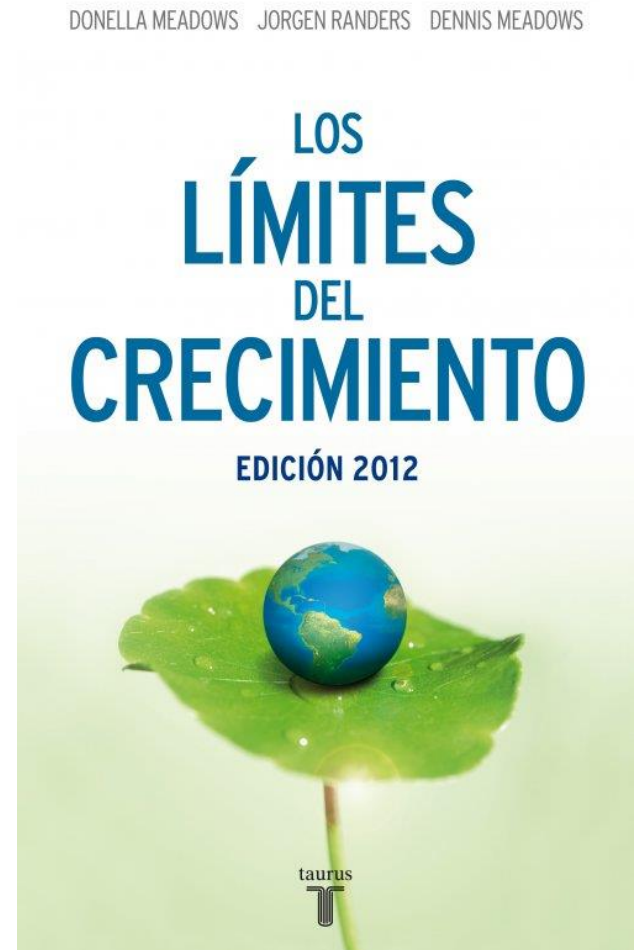
- El 24 de novembre de 1933, la Alemanya nazi promulga la *Reichstierschutzgesetz* (Llei per a la Protecció dels Animals)





- La nova consciència ecològica de la segona meitat del segle XX: abús de fertilitzants, insecticides, manipulació genètica dels cultius, etc.
- Demanda d'una nova ciència de l'ecologia més compromesa.
- Moviments per la conservació de la biodiversitat i crítica política del creixement.

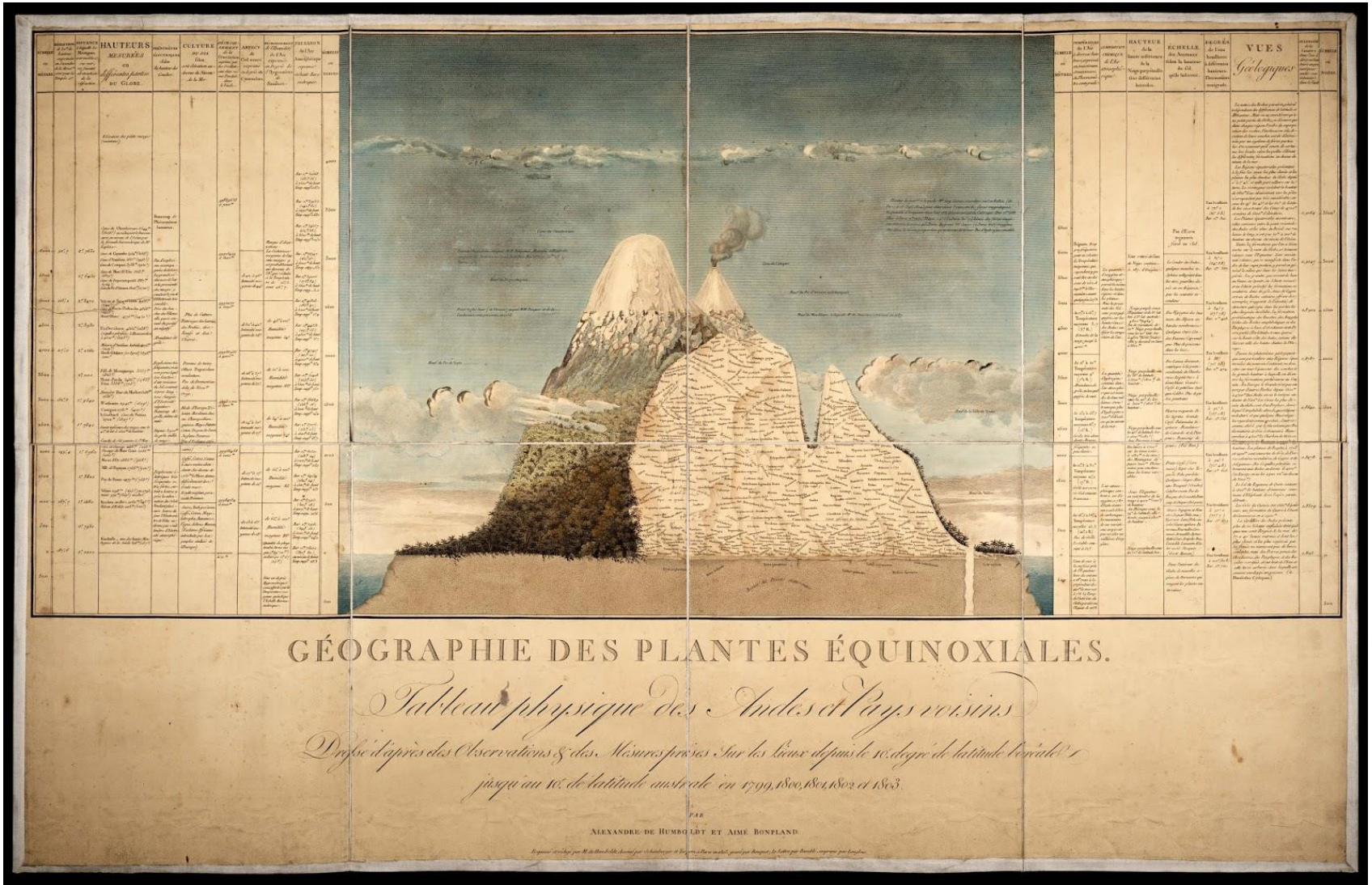
- Club de Roma (1968): impossibilitat d'un creixement infinit amb recursos finits; previsions catastrofistes (col·lapse).
- Moviment del 'decreixement' o equilibri (millores tecnològiques i transformació socioeconòmica).
- Ampli debat entre els economistes: repensar el creixement tenint en compte la responsabilitat amb les generacions futures.





## Orígens de l'ecologia

- Antecedents remots en l'ambientalisme hipocràtic i les concepcions místiques pitagòriques.
- Carl von Linné: “l'equilibri de la natura” com a part del pla de la creació (la natura com a sistema organitzat).
- Alexander von Humboldt planteja una ciència coordinada del món natural centrada en la geografia com a factor determinant.
- Les “comunitats vegetals” (Augustin Pyrame de Candolle): estudis de H.C. Cowles sobre les dunes de Michigan (1899).
- Les “comunitats animals” (Karl Moebius, 1870).
- Paper determinant del darwinisme en l'estudi de les relacions d'interdependència dels éssers vius.



Alexander von Humboldt, *Essai sur la géographie des plantes* (1805)



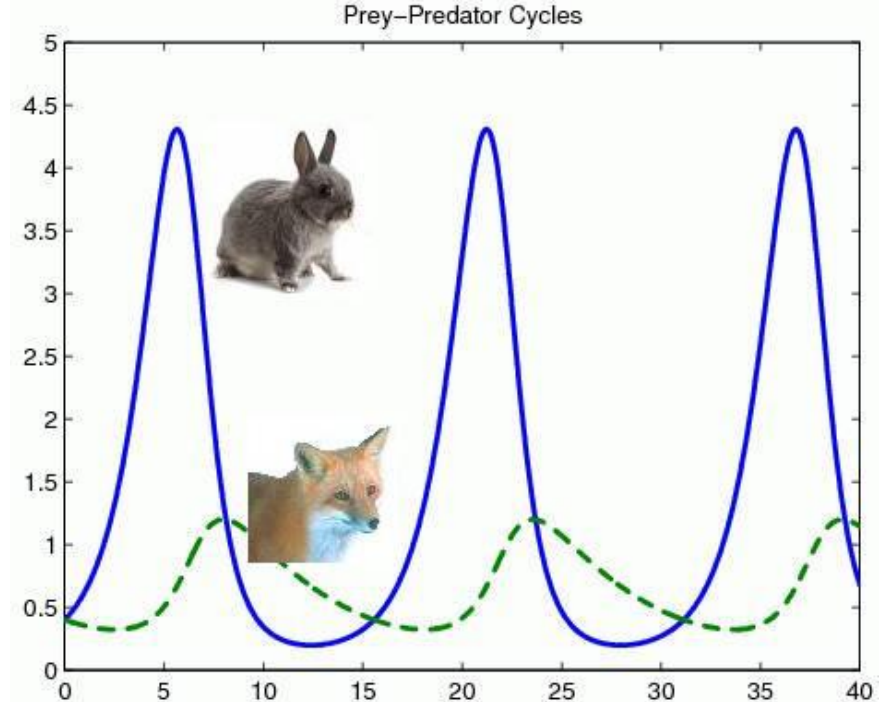
“L'*ecologia* és el coneixement de l'organització, els costums i les relacions mútues externes que mantenen els organismes.”

Ernst Haeckel (1869)

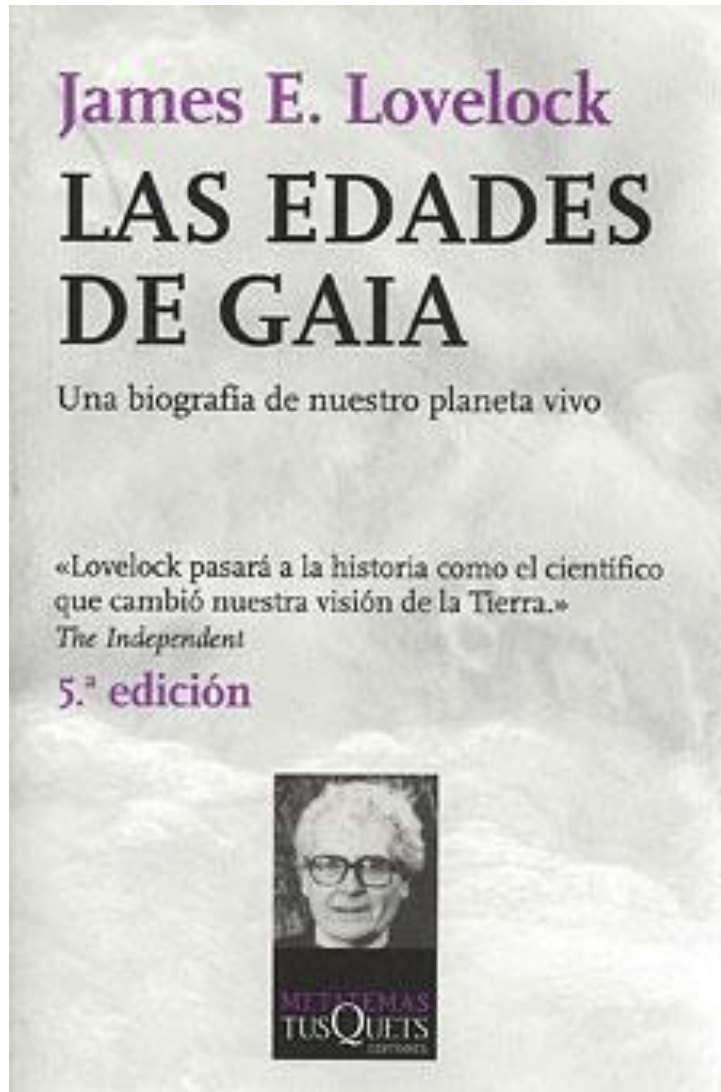


- La *biosfera* (atribuït a Lamarck, Eduard Suess): globalitat del món viu i relacions entre les diverses formes vives.
- La *biocenosi* (Karl Moebius, 1877): comunitat d'éssers vius que habiten un medi determinat i mantenen entre ells relacions de cooperació, parasitisme, depredació, etc.
- Les “comunitats naturals” d'interessos (Stephen Forbes).
- Frederic E. Clements i “l'ecologia de la praderia”.
- Charles Elton, *Animal Ecology* (1927): concepte de “nínxol” i crítica malthusiana de la concepció d'un “equilibri de la natura”.
- Concepte d'*ecosistema*:
  - Incorpora la noció de sistema de les ciències socials.
  - Conjunt de relacions i interaccions estables entre els éssers vius que habiten en un medi determinat (Arthur G. Tansley, 1935).

- La difícil institucionalització de la disciplina (excepte als EUA).
  - Societat Ecològica Britànica (1913), Societat Ecològica d'Amèrica (1915)
- Tensions creixents entre aproximacions mecanicistes i holistes.
- Jan Christiaan Smuts, *Holism and Evolution* (1926).
  - El concepte de “superorganisme” i les seues crítiques (Tansley)
- Models matemàtics predictius dels canvis cíclics que afecten les poblacions animals d'interès comercial en funció dels equilibris entre presa i depredador (Alfred Lotka, Vico Volterra).







“Tenia una lleu esperança que Gaia pogués ser censurada des del púlpit; en comptes d'això, se'm va demanar que pronunciés un sermó sobre Gaia a la Catedral de Sant Joan Diví de Nova York. En canvi, Gaia va ser condemnada pels meus col·legues i les revistes *Nature* i *Science* no van publicar articles sobre el tema. No em van donar cap explicació convincent del rebuig; era com si l'*establishment*, igual que el poder teològic oficial de l'època de Galileu, ja no volgués tolerar idees radicals o excèntriques.”

(James Lovelock, 1987)



Delta del riu Níger, Nigèria (2012)

**Lectures recomanades:**

Acot, P. *Historia de la ecología*, Madrid, Taurus, 1990.

Barona, J. L., *Història del pensament biològic*, p. 218-221.

Fara, P. *Breve historia de la ciencia*, p. 412-420.

Bowler, P. J., Morus, I. R. *Panorama general de la ciencia moderna*, Barcelona, Crítica, 2007, p. 268-295.



## 16. La comunicació científica (I)



## La ciència

- Qui la produeix?
- Qui la consumeix?
- Qui comunica la ciència?
- Com es comunica?
- Quines són les principals vies de difusió de la ciència?
- Influeix el públic receptor en la forma d'expressar la ciència?
- Quins problemes té plantejats la comunicació científica?



# La comunicació científica: la literatura científica

## 1. La cultura dels escribes

- L'escriptura
- Copistes i traductors
- La República de les Lletres
- El manuscrit

## 2. La difusió per mitjà de la lletra de motle

- la invenció de la impremta
- les primeres revistes científiques
- eclosió i desenvolupament del periodisme científic
- objectius del periodisme científic

## 3. Els reptes informatius en la ciència actual

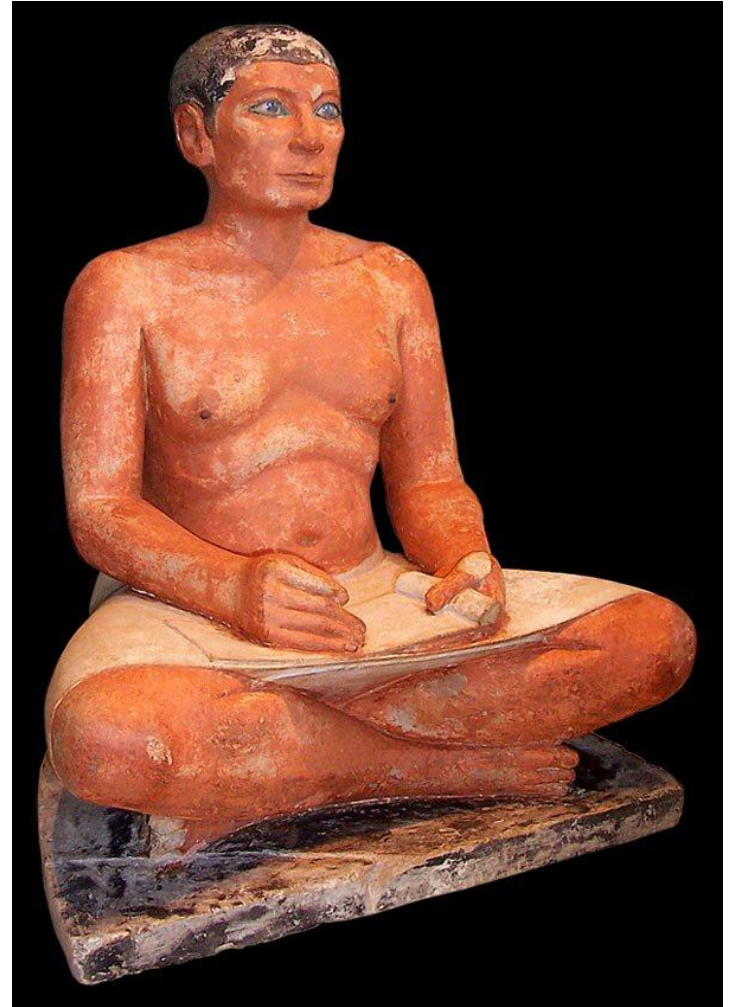
# 1. La cultura dels escribes

## L'escriptura

- S'inicià en Egipte i Mesopotàmia cap al 3000 aC (i el seu ús arriba fins als nostres dies).
- Entre altres coses, es confiaven a l'escriptura els coneixements sobre la natura (l'univers, els estels, els planetes) i també el càlcul i les figures geomètriques.
- Els suports dels documents depenien dels recursos existents en el medi més pròxim: fang, pedra, paper, cera, pergamí, etc.



Papir Ebers, (30x2000 cm), c. 1500 aC  
(Biblioteca Universitària de Leipzig)



Escriba assegut, c. 2300 aC  
(Museu del Louvre)

- La major part de les obres literàries de l'antiguitat foren escrites per a ser escoltades, bé per un públic ampli i heterogeni, o bé pels deixebles de les escoles filosòfiques.
  - ✓ L'escriptura nasqué com una ajuda a la paraula parlada i no com un substitut seu.
  - ✓ La cultura oral i l'escrita mantingueren una llarga convivència no sols durant l'antiguitat, sinó també al llarg de l'edat mitjana i el Renaixement.
- La Biblioteca d'Alexandria.





Biblioteca d'Alexandria: recreació actual





Biblioteca de Cels (Efes, 101, c. 12000 volums)



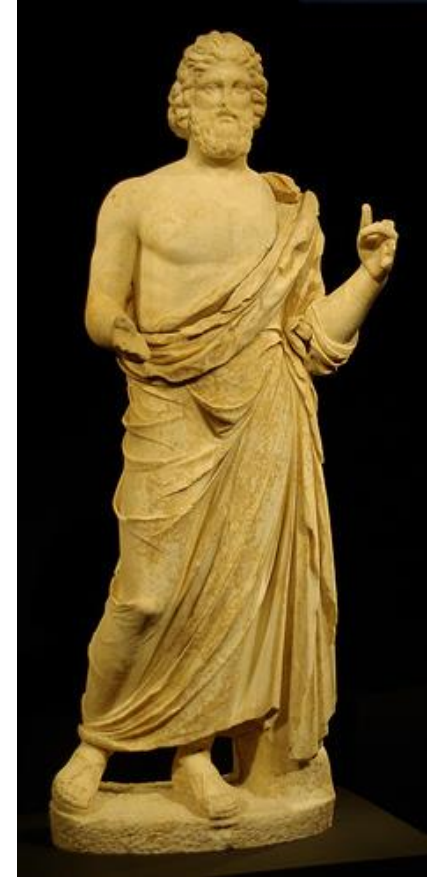


Acadèmia de Plató, segons un mosaic de Pompeia

## ***El corpus hippocraticum***

- **Col·lecció de textos mèdics**, poc més d'una cinquantena, més aviat breus, de temàtica variada: des de l'ètica del metge i l'exercici de la medicina fins a aspectes com ara l'anatomia, la patologia, la **dietètica** o la ginecologia.

- Atribuïts a Hipòcrates (ca. 460 - ca. 370 aC), figura històrica real, però molt prompte mitificada, en realitat corresponen als escrits de les escoles mèdiques de Cos i Cnidi, ubicades en la costa sud d'Anatòlia (Turquia).



- Es considera **la primera col·lecció de textos científics** ("biomèdics") de l'antiguitat.
- En l'època gaudiren de **l'estimació dels filòsofs**, en especial d'Aristòtil.
- Suposen **una transmissió** del coneixement **basada en l'escriptura**, més enllà de la transmissió oral.
- Avui se sap que alguns dels textos que l'integren són **còpies literals d'altres textos anteriors** egipcis o perses (p. ex., *Sobre les dones estèrils* procedeix del *Kahun* egipci).

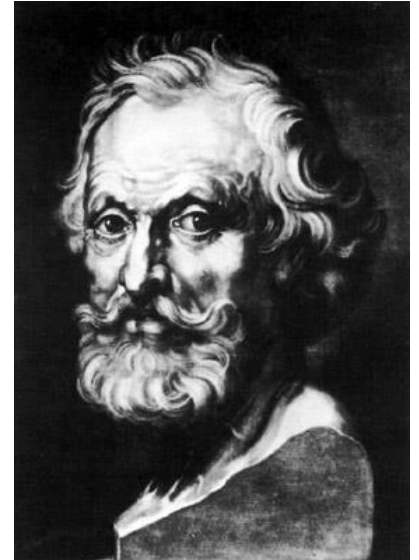
- Dirigits, en part, a altres metges, però també hi havia alguns que estaven destinats al públic profà: la instrucció del pacient (client).

- Tot i que estaven redactats de forma assequible, de manera que els poguera llegir qualsevol persona culta, **establiren per primera volta en l'àmbit cultural grec la distinció entre 'experts' i 'profans'**.



## Els escrits de Galè (130-201 dC)

- Fou el principal autor de textos mèdics (escrits en grec) de l'antiguitat.
- **Assimilà el pensament biològic d'Aristòtil** i, junt amb nombroses contribucions originals, sintetitzà i ordenà les aportacions de les diverses tradicions mèdiques de l'antiguitat.
- El *corpus galenicum* (es conserva un terç de l'original) comprèn prop de dos centenars d'escrits mèdics i filosòfics, redactats **en llengua grega**.
- Dotà la medicina d'una coherència i d'una estructura sòlides que es mantingueren vigents en Bizanci, l'Islam i l'Europa medieval i renaixentista.



## Copistes i traductors

Al llarg de l'edat mitjana, es recopilaren i es copiaren els textos heretats de l'antiguitat grecoromana.

Alhora, els textos es traduïren de:

- el grec a l'àrab (a Bagdad)
- l'àrab al llatí (a l'Europa occidental)

La tasca de còpia i traducció dels textos de l'antiguitat es va dur a terme, principalment, als monestirs, a les escoles catedralícies i, a partir del segle XIII, a les universitats (estudiants copistes).

Alguns textos científics (mèdics) es traduïren també a les llengües vernacles.



“E per ço que aquest Regiment, qui tan planerament és ordonat, pusca tenir o fer profit a aquells qui no entenen llatí, és vengut a plaer a la molt alta senyora dona Na Blanca, per la gràcia de Déu reyna d'Aragó, que ha manat a mi, Berenguer Sarriera, surgian [cirurgià], que trelat [trasllade] aquest llibre de llatí en romanç; e yo, per satisfer a son manament, són-me entramès a tresladar aquest llibre”

Pròleg, por Berenguer Sarriera, de la traducció catalana del *Regimen Sanitatis* d'Arnau de Vilanova







Traductors en la Cort d'Alfons X (1221-1284)

## La República de les Lletres

- A partir del Renaixement es multiplicaren **les xarxes de correspondència entre savis** (metges, naturalistes, filòsofs, geògrafs, matemàtics, etc.) de tot Europa gràcies al servei de correus.
- **Intercanviaven informació de tota mena** (cartes, llibres, objectes, llavors).
- Sovint, les cartes contenien **una observació**, amb un comentari personal de l'autor, al voltant d'un fenomen particular: un terratrèmol, una erupció volcànica, una epidèmia, un cas clínic, un monstre, una aurora boreal, una planta o un animal exòtic o desconegut, una observació astronòmica o microscòpica, etc.



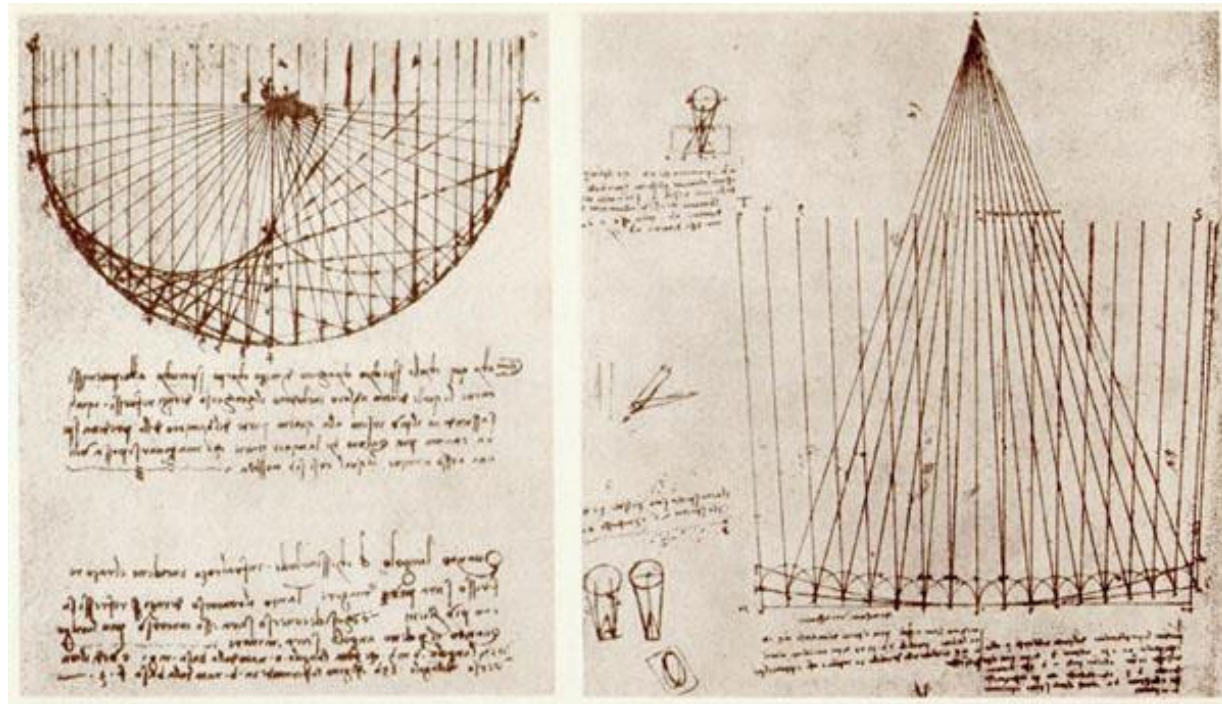
En la pràctica, un autor es veia obligat a copiar una mateixa carta dotzenes de voltes i enviar-les totes al mateix temps amb la finalitat de:

- **arribar a tots els seus corresponents**, la qual cosa requeria un esforç, i un temps, cada vegada major;
- **demostrar**, alhora, que havia sigut **el primer** a donar a conèixer aquella informació (**autoria/primacia**);
- **evitar-ne el plagi** (l'apropiació per part d'un altre autor).



Un exemple de la República de les Lletres:  
xarxes de correspondència entre 1700-1750

## El manuscrit científic



Leonardo da Vinci, ca. 1510-1515.  
Estudis del comportament de la llum en projectar-se sobre  
diferents tipus d'espills (esfèrics i parabòlics).

The form  $V = \square$   
 can be accounted for  
 only in supposition of  
 negative as well as positive  
 intensities (amplitudes?)

Substitute following for (21) &  
 (24)

By Fourier's theorem -

$$I \quad \varphi(x) = \int dx \cos \alpha x \left\{ \int d\lambda \varphi(\lambda) \cos \alpha \lambda \right\} + \int dx \sin \alpha x \left\{ \int d\lambda \varphi(\lambda) \sin \alpha \lambda \right\}$$

By prism or grating

$$II \quad \varphi(x) = \sum a_n \cos(\alpha x + \epsilon_n) = \sum a_n \cos \alpha x \cos \epsilon_n - \sum a_n \sin \alpha x \sin \epsilon_n$$

$$III = \int \psi(\lambda) \cos \alpha \lambda \cos \alpha x d\lambda - \int \psi(\lambda) \sin \alpha \lambda \sin \alpha x d\lambda$$

By I and III

$$IV \quad \begin{cases} \psi(\lambda) \cos \epsilon_n = \frac{1}{2} \int d\lambda \varphi(\lambda) \cos \alpha \lambda = C, \\ \psi(\lambda) \sin \epsilon_n = \frac{1}{2} \int d\lambda \varphi(\lambda) \sin \alpha \lambda = S, \end{cases}$$

$$V \quad \begin{cases} \tan \epsilon_n = \frac{S}{C} & \psi(\lambda) = C / \cos \epsilon_n = S / \sin \epsilon_n \\ C^2 + S^2 = V^2 = \text{intensity of spectrum} \end{cases}$$

Substituting in III we have Fourier's formula

$$\varphi(x) = \int_0^{\infty} C \cos \alpha x d\alpha + \int_0^{\infty} S \sin \alpha x d\alpha$$

If the elementary waves are  
 all in phase (same phase at  
 $\alpha = m, \alpha = 0$ ; then II becomes

$$II_a \quad \varphi(x) = \sum a_n \cos(\alpha - m)x$$

and III becomes

$$\varphi(x) = \sum a_n$$

$$III_a \quad \begin{cases} \varphi(x) = \cos \alpha x / \psi(\alpha) \cos \alpha x d\alpha \\ + \sin \alpha x / \psi(\alpha) \sin \alpha x d\alpha \end{cases}$$

or

$$VI \quad \varphi(x) = C \cos mx + S \sin mx$$

$$VII \quad \text{or } \varphi(x) = A \cos(mx + \theta)$$

$$VIII \quad \begin{cases} \tan \theta = \frac{S}{C} \\ A^2 = C^2 + S^2 = V^2 = \text{visibility} \end{cases}$$

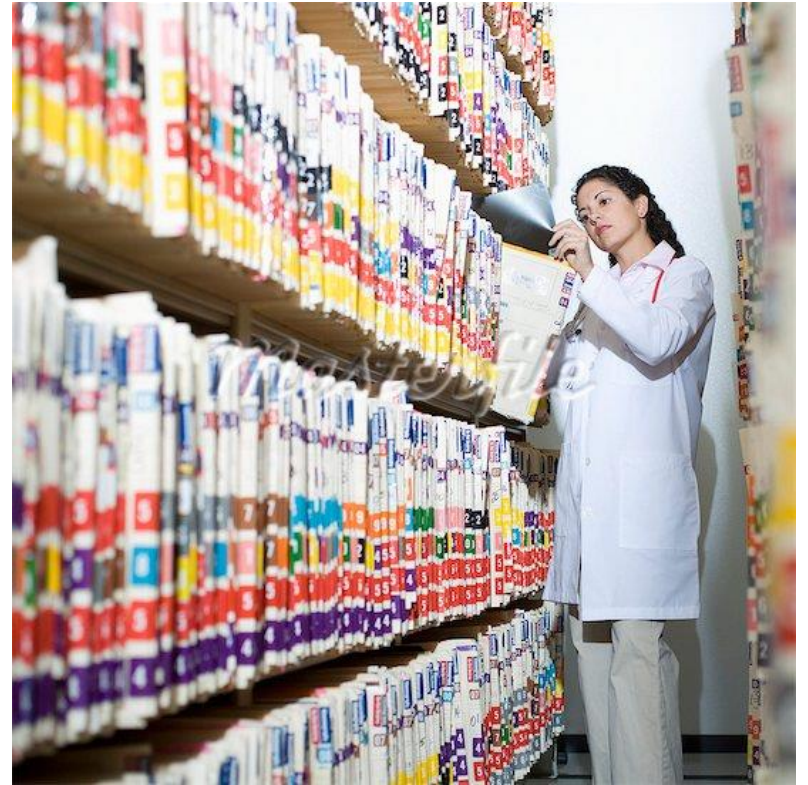
The interference curve is  
 exactly like the resultant train of  
 waves from the point at which the  
 elementary trains have the same phase.

Quadern de laboratori del físic Albert A. Michelson (1852-1931),  
 primer premi Nobel dels EUA (1907)



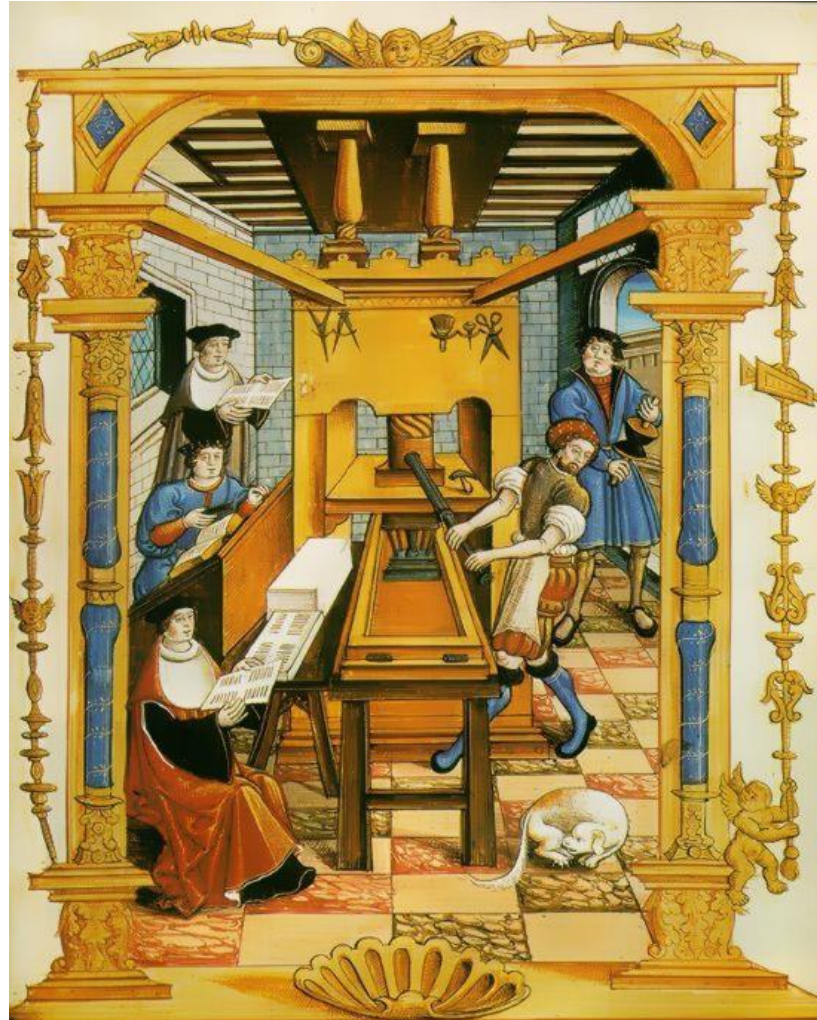


Històries clíniques manuscrites





## 2. La difusió a través de la lletra de motle



Taller d'impressió de llibres a Lió a principis del s. XVI

## La invenció de la impremta

Des del 1453, la impremta suposa a Europa **una revolució tècnica** sense precedents per la repercussió en la difusió del coneixement:

- una major velocitat de difusió de les novetats
- un saber més uniforme
- la possibilitat d'arribar a molta més gent (més lectors i més audiència)

# 15th century printing towns of incunabula



Se solen distingir **dues fases**:

a) Entre 1453 i el segle XVII (a l'hora que la República de les Lletres).

- ✓ El llibre imprès imita inicialment el manuscrit.
- ✓ Els sabers de l'antiguitat continuen plenament vigents.

b) Des del segle XVIII (fins a la segona meitat del segle XX).

- ✓ Crisi del criteri d'autoritat.
- ✓ Obsolescència dels textos científics.
- ✓ Aparició de les revistes científiques, però persistència del llibre.

## Les primeres revistes científiques (1665)

Les revistes proporcionen, enfront del llibre, un **dinamisme més gran** a la comunicació científica:

- **Els articles requerien menys temps (brevetats, agilitat)**, mentre que el llibre suposa un saber estructurat i exigeix una elaboració lenta.
- **Alguns dels llibres més innovadors de l'època tenien poques pàgines.** Per exemple, *Exercitatio anatomica motu de cordis et sanguinis* (Londres, 1628), de William Harvey, sols constava de 72 pàgines.
- Els articles de revista suposaven *de facto*, en el marc de les acadèmies, un **instrument contra el plagi i un reconeixement tàcit de l'autoria.**



LE  
JOURNAL  
DES  
SCAVANS

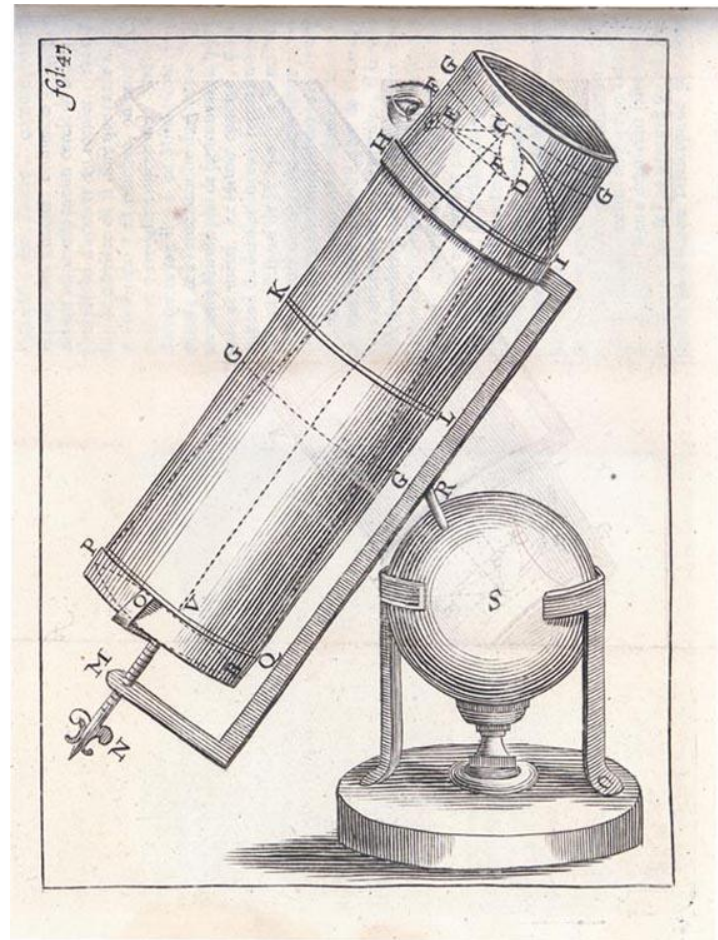
Du Lundy V. Janvier M. D. C. L X V.

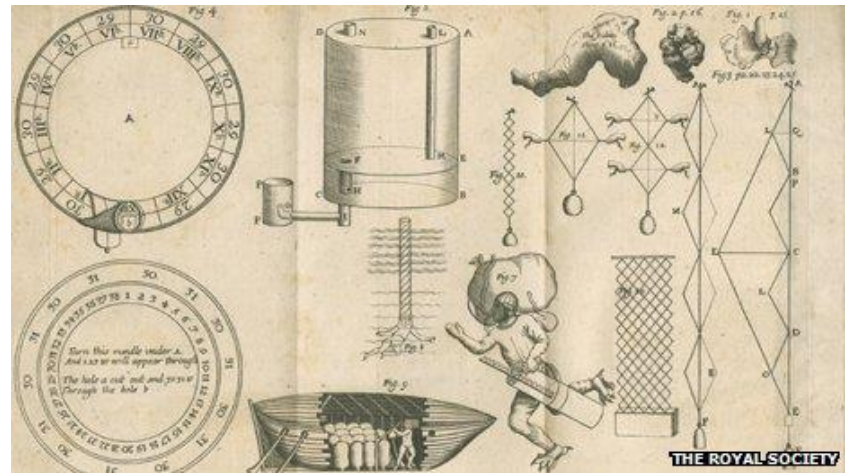
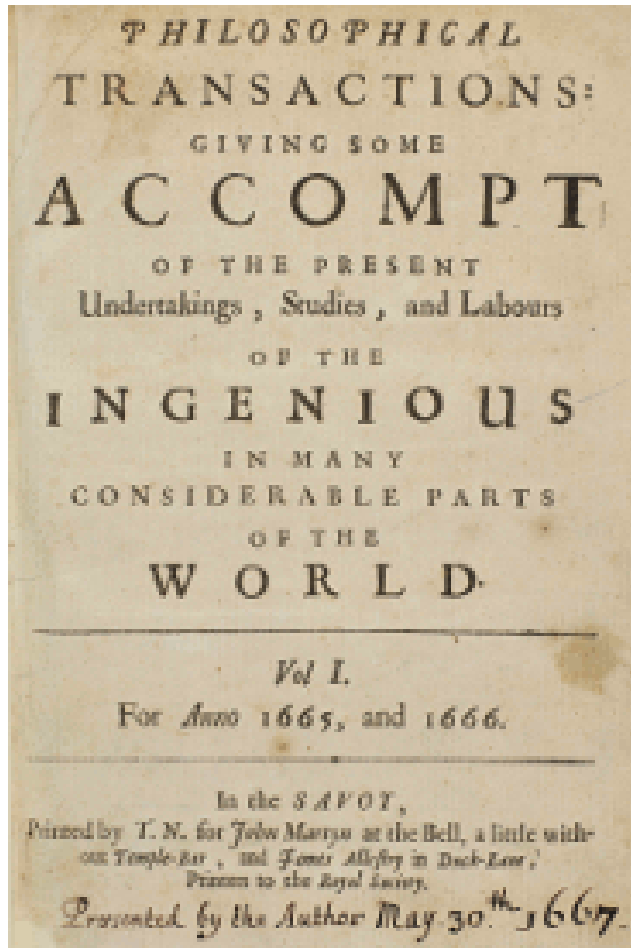
Par le Sieur DE HEDOVILLE.



A PARIS,  
Chez JEAN CVSSON, rue S. Jacques, à l'ima-  
ge de S. Jean Baptiste.

M. D. C. L X V.  
AVEC PRIVILEGE DV ROY.





*Philosophical Transactions of the  
Royal Society of London for the  
Improvement of Natural  
Knowledge (1665-)*

## L'eclosió del periodisme científic (s. XIX)

- Aparició de revistes especialitzades (física, química, medicina, biologia, agricultura, geologia, etc.), i augment proporcional dels articles que ofereixen la descripció d'experiments originals.
- El pes de la literatura mèdica en el periodisme científic és molt gran:
  - *The New England Journal of Medicine* (Boston, 1812)
  - *The Lancet* (Londres, 1823)
  - *British Medical Journal* (Londres, 1840)
- Aparició de repertoris bibliogràfics (llistes de referències, de resums): *Index Medicus* (1878), *Chemical Abstracts* (1908).

## El periodisme científic en el segle XX

**A. Adopció progressiva** (sobretot a partir dels anys 60 del segle passat) de **l'estructura IMRAD** per als articles de revistes de recerca:

**I**ntroduction (per què, què, per a què)

**M**aterial and methods (amb què, com)

**R**esults (dades obtingudes)

**A**nd

**D**iscussion (defensa de la hipòtesi pròpia, avalada per les dades obtingudes, tenint en compte les dades i les hipòtesis d'altres autors: aquells amb qui debatem, és a dir, els nostres interlocutors)

## **B. Generalització del procediment ‘peer review’ com a requisit indispensable per a la publicació d’un article:**

- Fou introduït en 1731 pel *Medical Essays and Observations* (Royal Society of Edinburgh) i poc després per la Royal Society de Londres.
- **Suposa l’informe o dictamen previ i anònim** del text original (‘paper’) almenys per un parell d’experts, cosa que afavoreix l’universalisme científic tot evitant prejudicis ètnics, nacionals, d’edat, de gènere, etc.
- Ha esdevingut un requisit indispensable d’una revista de qualitat.



## Objectius del periodisme científic

- **Comunicació** del coneixement que s'està produint en la comunitat corresponent, generalment per mitjà d'una revista de la disciplina.
- **Difusió** de noves tècniques d'observació i/o d'experimentació.
- **Actualització i sistematització** dels coneixements ('review articles' o articles de síntesi).
- **Validació**, per experts en una disciplina, de les observacions realitzades, així com de les conclusions assolides.
- **Certificació** de l'autoria i de la primacia.
- **Evitar la repetició** d'experiments.

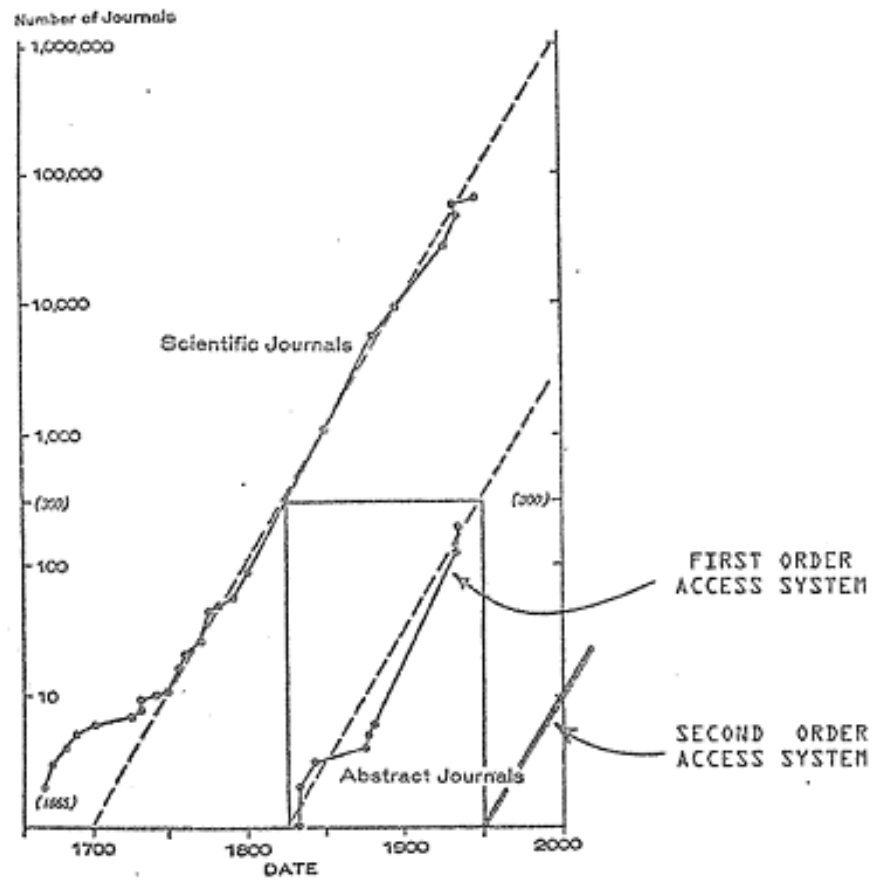
### 3. Els reptes informatius en la ciència actual



Derek de S. Price, en *Big Science, Little Science* (1963) estudià quantitativament l'evolució de l'activitat científica a partir de finals del segle XVII.

Compta el nombre de:

- + científics
- + centres d'investigació
- + revistes científiques
- + articles publicats
- + revistes de resums ('abstract journals')
- + autors per article, etc.



Number of Scientific Periodicals (Data from D. J. de Solla Price, *Science since Babylon* [New Haven, 1961], p. 93).

Price, D.S. *Science since Babylon* (1961)

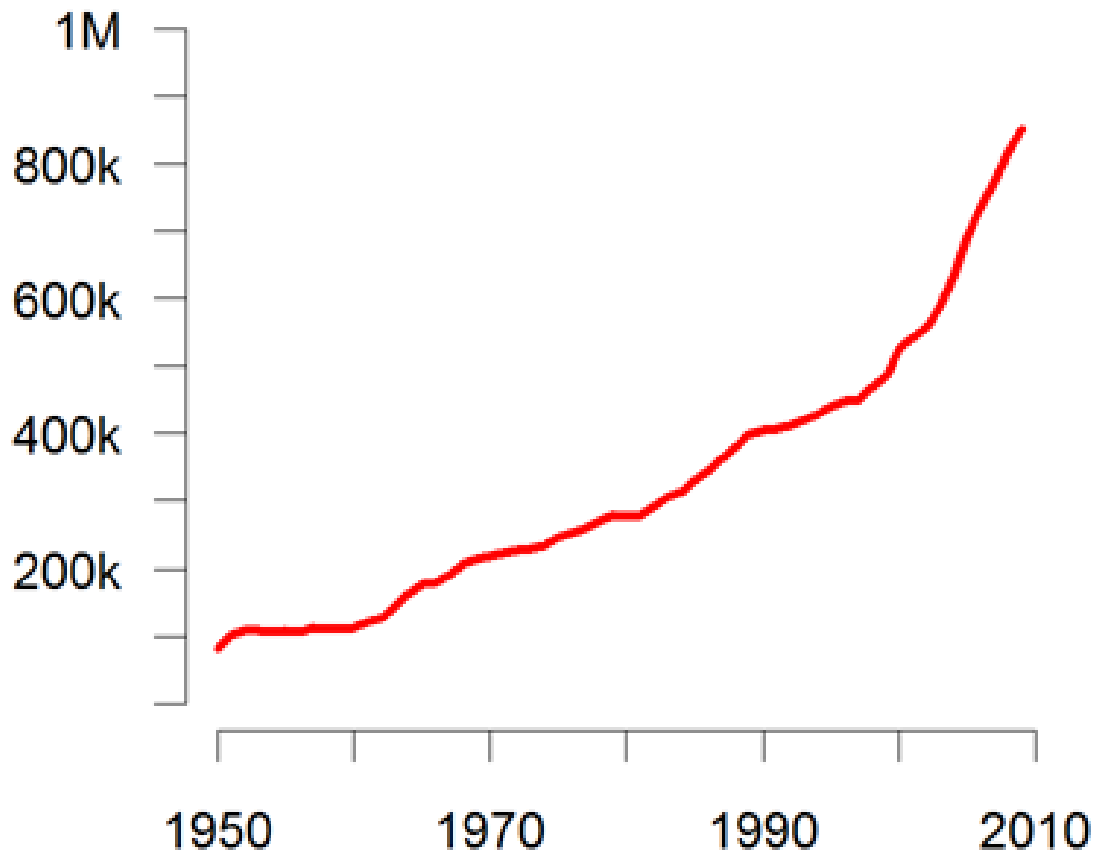
- Increment espectacular de tots els paràmetres que permeten quantificar la ciència:
  - ✓ **creixement exponencial** del nombre de revistes i d'articles
  - ✓ duplicació del volum global de la ciència cada 10-15 anys
- **Dificultat d'emmagatzemar** tots els documents científics.
- Acceleració de l'**obsolescència** (envelliment dels coneixements).
- **Fragmentació** de les disciplines científiques (a conseqüència de l'especialització extrema), igual que les especialitats mèdiques.
- Necessitat d'altres formes de comunicació sense pèrdua de **la qualitat** de la informació.

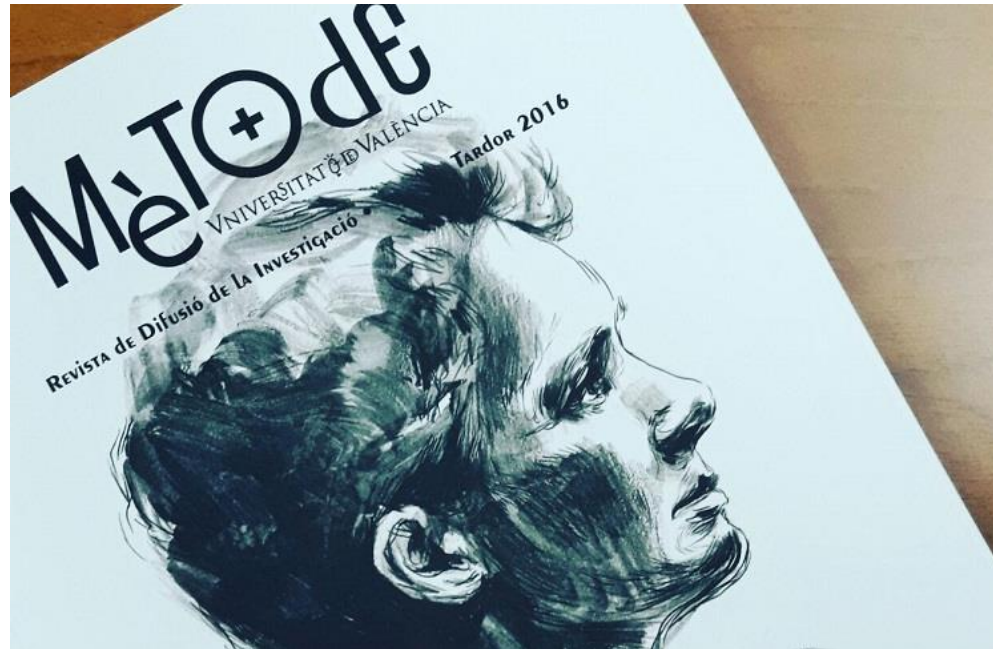
## **Aparició de formes més dinàmiques de comunicació:**

- Ordinadors personals connectats en xarxa (World Wide Web).
- E-mail (intercanvi de pre-prints), blogs, fòrums, videoconferències, etc.
- Aparició de formats electrònics de llibres i revistes (biblioteques virtuals) i substitució dels documents anteriors.
- Emmagatzemament en la xarxa i accés universal a la informació.
- Possibilitat de projectes cooperatius (Web 2.0).
- Desenvolupament i informatització dels **sistemes de recuperació de la informació (SRI)**: cercadors selectius de bibliografia científica (o d'històries clíniques).



## MEDLINE-indexed articles published per year





## 17. La comunicació científica (II)



UNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Història de la Ciència

**Biologia, Universitat i Societat (Història de la Biologia)**  
Grau en Biologia

# La comunicació científica II: la divulgació de la ciència

## 1. La demanda creixent de coneixement científic

- experts i profans
- vulgarització, divulgació, popularització

## 2. La ciència en l'esfera pública

- el cientisme i els seus detractors
- les dues cultures (C.P. Snow)

## 3. Fer la ciència intel·ligible (*Making Science Understandable*)

- el model difusionista tradicional
- el debat sobre els intermediaris
- la divulgació científica com un contínuum

# 1. La demanda creixent de coneixement científic

A hores d'ara existeix, per part de diversos sectors socials, una **demanda creixent de coneixement científic** perquè les nostres vides estan més i més determinades per les seues aplicacions (tecnociència).

- ✓ No hi ha pràcticament cap àmbit de l'activitat humana que se sostraga a les innovacions científiques (salut, nutrició i alimentació, esports, locomoció, comunicacions, armament, contaminació ambiental, canvi climàtic, etc.).
- ✓ És difícil imaginar algun camp que no siga objecte d'estudi de la ciència: ciències fisicoquímiques, de la salut i de la vida, del comportament, etc.
- ✓ **Les controvèrsies científiques** no són exclusivament debats teòrics entre experts, sinó que han passat a **l'esfera pública, sobretot en l'era de les TIC.**

- La divulgació de la ciència no és una activitat d'aparició recent; des de la Revolució Científica hi ha hagut autors que estaven més interessats a difondre el coneixement científic que a generar-lo (per exemple, els professors d'ensenyament mitjà).
- En la divulgació científica intervenen diversos agents socials:
  - ✓ Els experts: són els científics pròpiament dits.
  - ✓ Els profans: són desconixedors de la matèria.
  - ✓ Els amateurs: aficionats (no professionals).
  - ✓ Els intermediaris: actuen de pont entre els experts i els profans.



- **Els experts** dominen una parcel·la del coneixement científic (sabers i pràctiques) i tendeixen a monopolitzar-la.
  - ✓ Defineixen els límits de la parcel·la (una disciplina amb un objecte d'estudi propi i una metodologia pròpia) i es dediquen a investigar-la.
  - ✓ Treballen als seus despatxos i laboratoris.
  - ✓ Duen a terme projectes de recerca propis i avaluen altres.
  - ✓ Utilitzen canals de comunicació propis (revistes).
  - ✓ Es reuneixen periòdicament (congressos, simposis, *workshops*).
  - ✓ Estableixen vies de formació i de socialització pròpies i exclusives (títols).
  - ✓ Intenten legitimar-se davant la societat, bé oferint serveis diferenciats, o bé per mitjà d'un marc legal que els empara contra l'intrusisme.

## **Vulgarització de la ciència:**

- Literalment, apropar la ciència al *vulgo* (ruquerol, el contrari de l'erudit).
- Expressió obsoleta (suposa que el destinatari és un ignorant).

**Divulgació científica:** la difusió entre els profans de manera clara i intel·ligible del coneixement científic elaborat pels experts. Se'n distingeixen habitualment dos tipus:

- l'alta divulgació: dirigida a experts en altres camps de la ciència;
- la divulgació per al públic general (els profans).

**Popularització científica:** per influència del vocable anglès 'popularization', cada vegada es diu més i se sent més aquesta expressió, que significa la mateixa cosa que divulgació.

## 2. La ciència en l'esfera pública

### El cientisme (o científisme)

- Dut a l'extrem, afirma que **la ciència és la forma més valuosa, fins i tot l'única vàlida, de coneixement humà.**
- Aspira a explicar-ho tot, a transformar-ho tot i a elaborar una teoria del tot.
- Considera que qualsevol altra forma de coneixement (filosòfic, però també històric, literari, artístic, etc.) no és rigorós: pot ser tolerat, però no reconegut.
- Compta a favor seu amb la il·limitada capacitat de **persuasió de la ciència**, que **cada volta és més prescriptiva** (ens diu com hem de pensar, de viure i de comportar-nos).

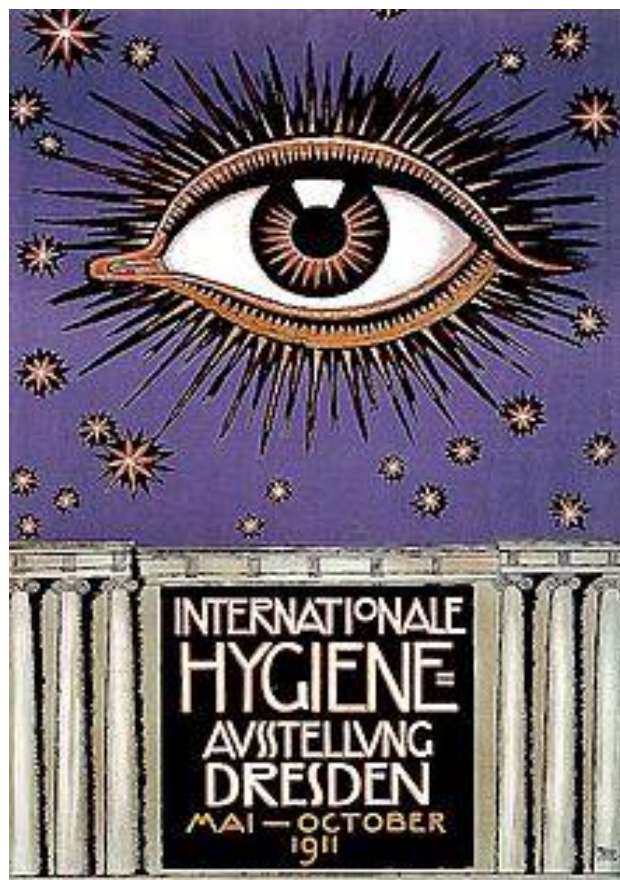
## Els detractors del cientisme (o científisme) afirmen que:

- ✓ El coneixement científic implica un inevitable **reduccionisme**.
- ✓ La confiança (fe cega) en l'il·limitat poder de la ciència per a solucionar tots els problemes de la vida és una ingenuïtat.
- ✓ Aquesta postura –el cientisme– no deixa de ser una via per a exercir el poder d'una manera més omnímoda i eficaç (més que la llei i que la religió).
- ✓ El paradigma seria la higiene, que **prescriu** com ens hem de comportar (dieta, exercici, repòs, son, neteja, estrès, hàbits, etc.).



Museu Alemany de la Higiene (Dresden)







## Les dues cultures: les ciències i les lletres

- És el títol d'una conferència pronunciada en la Universitat de Cambridge en 1959 pel químic, polític i novel·lista anglès **Charles Percy Snow** (1905-1980).
- Segons Snow, la ruptura entre les dues cultures -una humanística i l'altra científica– des de la Revolució Científica hauria estat un obstacle important per a la solució dels problemes mundials.
- Snow argumenta que **la realitat humana és molt més complexa** i que, per tant, requereix altres aproximacions (l'art, la literatura, la filosofia, la religió), a més de la perspectiva científica.

### 3. Fer la ciència intel·ligible

- **La ciència**, cada vegada més formalitzada i especialitzada (fragmentada), és més i més incomprendible i requereix un esforç més gran de popularització.
- **L'expert esdevé un profà**: necessita actualitzar els seus coneixements en tots aquells camps que no són el seu propi.
- **Els públics de la ciència són cada vegada més amplis i més diversos**, amb diferents graus de formació i d'actualització.

## El model difusionista de comunicació científica

- El discurs públic de la ciència comença on s'acaba el discurs científic: hi hauria **un tall radical entre l'un i l'altre**.
- Una vegada s'ha produït la 'ciència pura' en el laboratori, es tractaria d'**oferir-la de manera simplificada als profans** (els no experts) perquè puguin entendre-la [colonització de la ignorància].
- Entre els experts i els públics s'intercalarien els **intermediaris (divulgadors)**, que poden ser:
  - ✓ els mateixos científics, que accedeixen a jugar el paper de divulgadors;
  - ✓ una nova figura (**el periodista científic**) especialitzada a simplificar els conceptes científics i fer-los comprensibles al públic general (“traduir-los”) per mitjà d'un llenguatge apropiat.

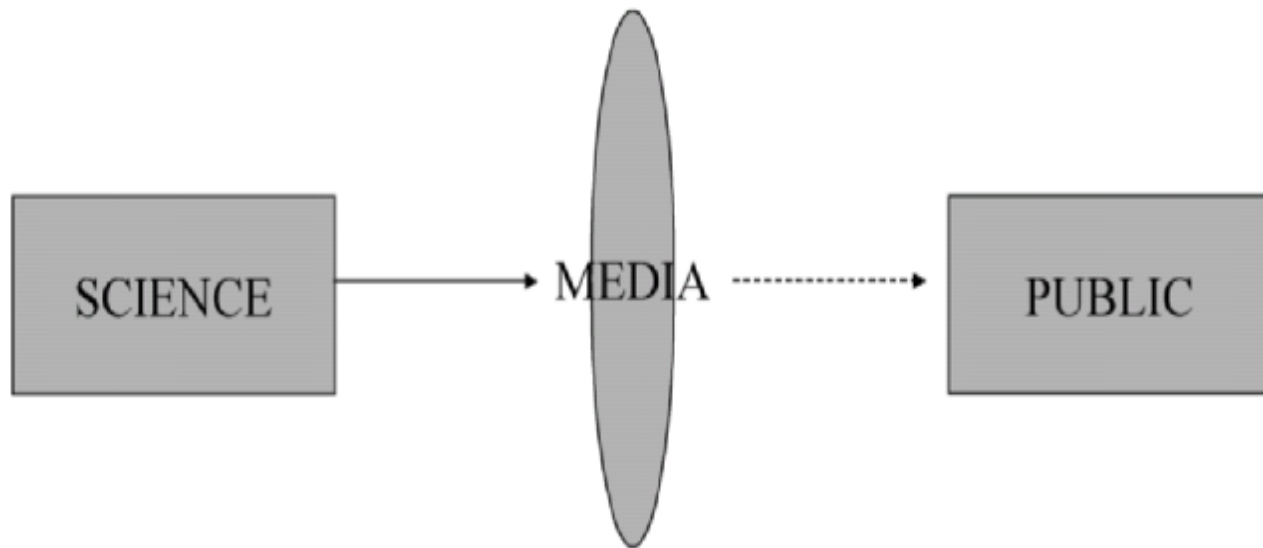


FIGURE 1. The transfer model of public communication of science.



## Els intermediaris en la comunicació científica

Des dels anys trenta del segle passat hi ha un **debat sobre els intermediaris científics**; és a dir, sobre la conveniència que siguin els científics pròpiament dits o que siguin els periodistes especialitzats en temes científics els encarregats de difondre la ciència entre el públic en general.

Hi ha opinions molt diverses sobre la idoneïtat d'uns i d'altres. Entre els arguments en pro i en contra, hi hauria:

- “Els periodistes que parlen de ciència no saben de què parlen.”
- “Els científics, per regla general, no saben expressar d'una forma clara i intel·ligible el seu treball.” (manca d'un llenguatge adient)
- “La divulgació científica és pròpia d'investigadors que han deixat d'investigar.” (menyspreu de la divulgació científica)

Qui ha de divulgar la ciència: un científic, un periodista qualsevol o tal vegada un periodista especialitzat?

En *The Way of an Investigator* (1945):

- L'investigador té un **compromís social** i, per tant, ha de difondre els resultats de les seues investigacions.
- Així s'eviten els malentesos provocats pels divulgadors desinformatats.
- L'educació popular en temes científics estimula la **cultura democràtica** de la societat i fomenta l'ètica del consumidor (el ciutadà crític).
- Imprescindible per a aconseguir **subvencions públiques i/o privades**.



Walter B. Cannon  
(1871–1945)

Professor de fisiologia  
de la Harvard Medical  
School

# La comunicació de la ciència com un contínuum

## Supòsits bàsics

**A.** La divulgació científica és un **procés bastant més complex** del que se sol pensar:

- Comporta **diverses etapes o nivells**, en els quals la comunicació, recepció i apropiació suposen contextos i estils diversos.
- **Les diferències són de grau:** no hi hauria barreres absolutes ni límits ben definits entre el coneixement científic i el discurs popular.
- **Els científics, com a experts,** intenten sempre salvaguardar la seua preeminència, **legitimant i reforçant el seu paper en la societat.**

**B. Els públics receptors no són caixes buides** que absorbeixen una visió simplificada de la ciència limitant-se a acceptar-la.

**C.** El coneixement científic que reben els públics és una part substancial de les representacions que s'elaboren sobre la ciència: els **coneixements es transformen i s'elaboren *ad hoc***, en funció del tipus de públic al qual van adreçats:

- un article per a la revista de divulgació científica de la UVEG (*Mètode*)
- un llibre de text, de química per exemple, en el marc del batxillerat
- la secció de notícies científiques en la premsa periòdic (un diari)
- una campanya per a promoure el consum de fruita i verdura a les escoles

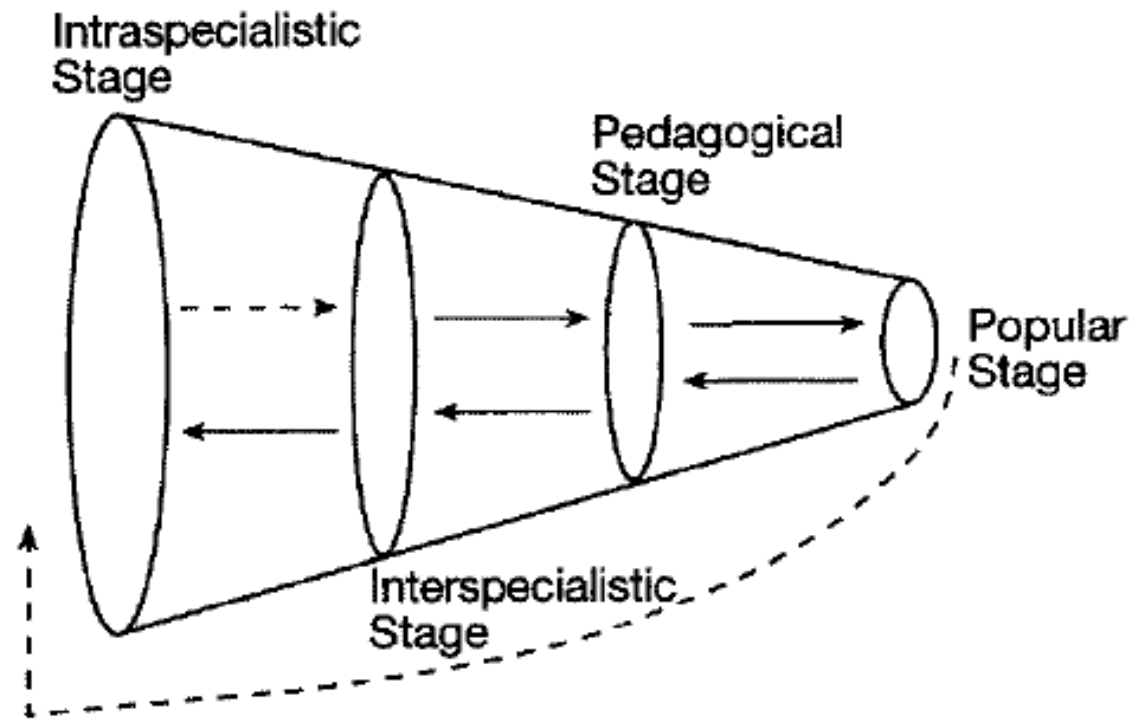


FIGURE 2. A model of science communication as a continuum.



## **Nivells o etapes**

**Intraespecialista:** el coneixement es vehicula per mitjà d'articles de revista científica que segueixen l'estructura IMRAD.

**Interespecialista:** el coneixement es transmet per mitjà d'articles de síntesi, inserits en revistes científiques generalistes (p. ex., la revista *Science*, que des de principis del segle XX publica l'American Association for the Advancement of Science).

## **Pedagògica:**

- El coneixement s'elabora en forma de llibre de text.
- El cos teòric apareix sistematitzat i ben consolidat.
- L'alumne rarament discuteix la veracitat dels continguts.

## **Popular:**

- El coneixement científic arriba als mitjans de comunicació de masses.
- Els experts entren en contacte amb els profans i amb els 'amateurs'.
- El llenguatge conté múltiples metàfores.
- Es presta molta atenció als assumptes relacionats amb la salut.

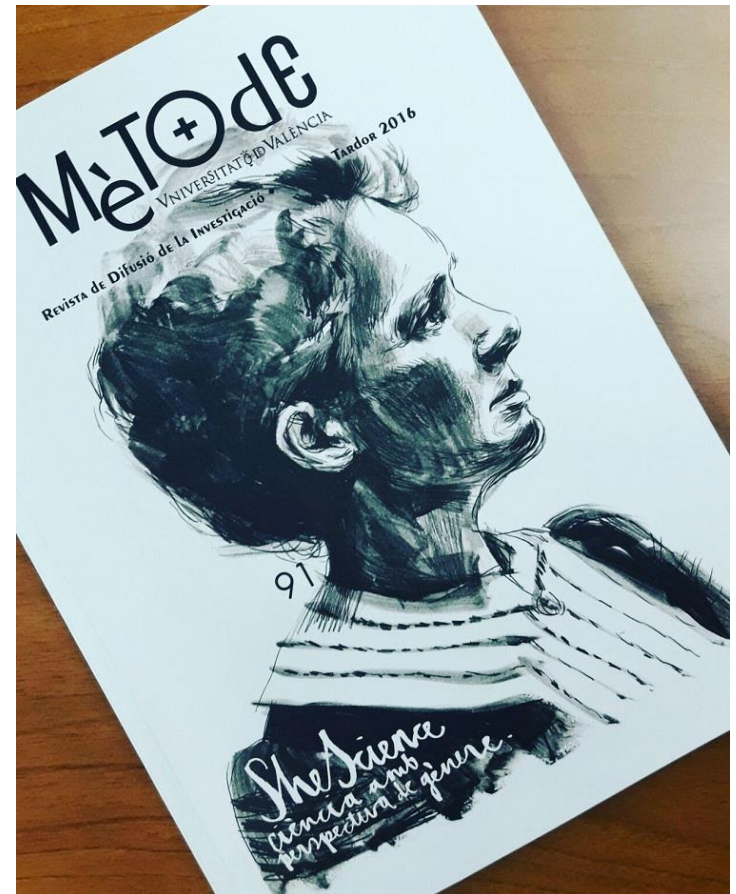
## ***Mètode. Revista de difusió de la investigació***

Universitat de València (1994-)

- 2009 Premi Prisma
- 2009: Revista de Referència de la Xarxa Vives
- 2009 Premi Crítica Serra d'Or
- 2007 Premi Nacional de Periodisme
- 2014 Premi Sacyr a la Innovació

Accés:

- <http://metode.cat/>



**Lectura recomanada:**

Nieto-Galan, Agustí. *Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia*. Madrid: Fundación Jorge Juan / Marcial Pons Historia, 2011.



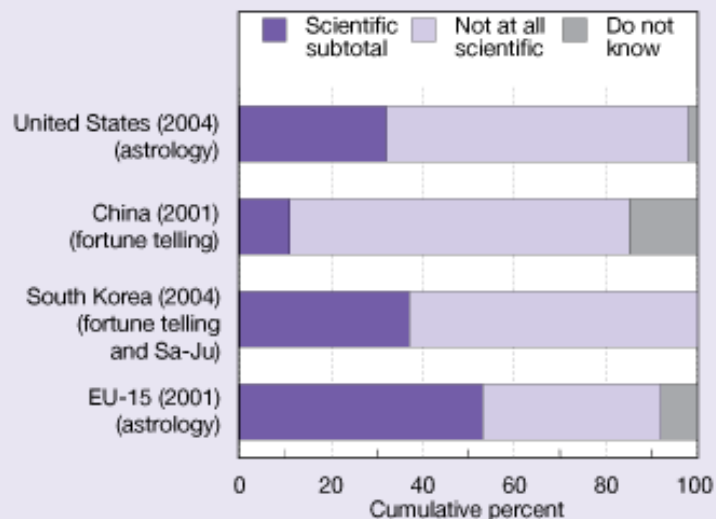
# 18. Els límits de la ciència





Figure 7-9

**Public assessment of astrology or fortune telling, by country/region: 2001 or 2004**



EU = European Union




NOTES: Responses to: *Would you say that astrology is very scientific, sort of scientific, or not at all scientific?* For United States, China, and South Korea, "scientific subtotal" is a sum of "very scientific" and "sort of scientific."

SOURCES: University of Michigan, Survey of Consumer Attitudes (2004); Chinese Ministry of Science and Technology, *China Science and Technology Indicators 2002* (2002); Korea Science Foundation, Survey on Public Attitude of Science & Technology 2004 (2004); European Commission, Research Directorate-General, Eurobarometer 55.2: *Europeans, Science and Technology* (2001).

*Science and Engineering Indicators 2006*

Science and Technology: Public Attitudes and Understanding. National Science Foundation, USA, 2006

## En qué creen los españoles

	Totales			Por Creencia			Por edades				
	CREEN	NO CREEN	DUDAN NS/NC	CATOLICOS PRACTICANTES	CATOLICOS NO PRACTICANTES	NO CREYENTES Y ATEOS	18-29 AÑOS	30-44 AÑOS	45-59 AÑOS	60 Y MÁS	
<b>SOBRE JESUCRISTO</b>											
	Que Jesús fue un personaje histórico que existió realmente	72% (-1)	17% (+8)	11% (-3)	91	70	54	74	67	68	78
	Que Jesús era Dios o hijo de Dios	44% (+3)	29% (+4)	27% (-1)	65	44	0	35	40	41	60
	Que Jesús nació de una virgen	37% (-4)	46% (+5)	17% (-1)	75	33	2	31	33	30	54
	Que fueron tres reyes de oriente a visitarle	42% (-3)	40% (+5)	18% (-2)	70	40	12	39	40	35	51
	Que después de morir resucitó	40% (-3)	44% (+9)	16% (-3)	79	37	2	32	37	35	54
<b>SOBRE RELIGIÓN</b>											
	En los milagros	36% (+5)	52% (+9)	11% (-4)	62	36	5	33	33	33	42
	Que existen los ángeles	31% (-1)	55% (+3)	14% (-2)	59	27	3	24	29	27	42
	Que un Dios creó el mundo de la nada	35% (+1)	50% (+3)	15% (-4)	72	30	3	27	29	33	51
	Que Adán y Eva fueron los primeros seres humanos	30% (+1)	55% (+2)	16% (-3)	57	27	2	22	24	27	45
	Que el alma vive después de la muerte	43% (+2)	40% (+4)	17% (-6)	71	42	11	40	45	39	46
	Que existe el infierno	25% (-2)	62% (+7)	12% (-5)	50	22	1	22	24	19	33
	Que existe el cielo	35% (-2)	52% (+4)	13% (-2)	68	33	2	28	34	27	49
	Que existe el demonio	28% (-1)	61% (+5)	11% (-4)	56	24	3	23	26	26	36
	Que existe Dios	52% (+1)	25% (+2)	22% (-1)	68	57	0	42	48	49	67
<b>SOBRE ESOTERISMO</b>											
	En la astrología	29% (+5)	59% (-4)	12% (-1)	27	33	21	35	25	32	24
	En los ovnis	22% (-1)	62% (+1)	16% (0)	20	26	16	21	28	25	15
	En el mal de ojo	22% (+1)	67% (-2)	10% (+1)	25	29	5	21	25	22	19
	Que las almas se reencarnan y uno ha sido antes otras personas	15% (+1)	70% (+2)	15% (-3)	17	18	10	21	17	14	11
	Que existen fantasmas	18% (+2)	72% (+1)	10% (-3)	17	21	11	25	21	16	9
	Que se puede adivinar el futuro	16% (+1)	72% (0)	12% (-1)	18	19	8	19	17	14	14
	Que es posible comunicarse con los muertos	14% (0)	74% (+2)	12% (-2)	14	17	6	19	17	12	9
	Que existen personas con poderes mágicos, como las brujas	22% (+2)	68% (-2)	10% (-1)	26	24	8	18	22	25	21



© Sanctuaires Notre-Dame de Lourdes / Viron

"Ens alegrem de poder anunciar el reconeixement del miracle 68 atribuït a la intercessió de Nostra Senyora de Lorda, la curació inexplicada de sor Luigina Traverso", ha informat el santuari en un comunicat. El miracle, agrega la nota, va ser declarat tal pel bisbe italià Alceste Catella, de la diòcesi de Casale Monferrato, on viu la germana sanada.

Quan va visitar Lurdes en 1965, sor Luigina sofria una "ciàtica paralitzant en meningocele", greu, paralitzant i dolorosa malaltia per la qual havia estat operada sense èxit en múltiples ocasions. La seua curació inexplicable, completa i permanent va ser presentada el juliol del 2010 davant l'Oficina de Constatacions Mèdiques que examina les suposades curacions que es declaren després de la visita al santuari marià, informen mitjans catòlics. La religiosa, que en 1965 va viatjar en llitera a Lurdes i va tornar a Itàlia pel seu propi peu, va dir haver sentit una "forta calor" en el cos i el desig d'aixecar-se quan va passar el celebrant amb l'hòstia consagrada, segons va recordar la pàgina [caminocatolico.org](http://caminocatolico.org) el març passat.

El portaveu del Santuari va informar de la pròxima convocatòria d'una roda de premsa del doctor Alessandro de Franciscis, president de l'Oficina de Constatacions Mèdiques de Lurdes, i del nou bisbe de la diòcesi de Tarbes i Lurdes, monsenyor Nicolas Brouwet, per a explicar els detalls d'aquest miracle.

Són incompatibles la ciència i la religió?

Té límits la ciència?

Hi ha alguna cosa que la ciència no pugui estudiar?

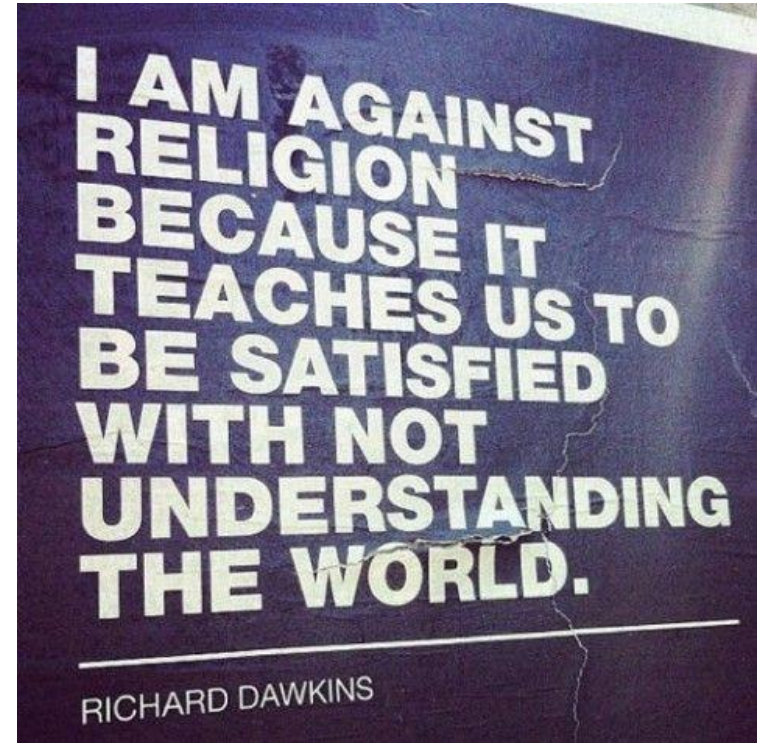
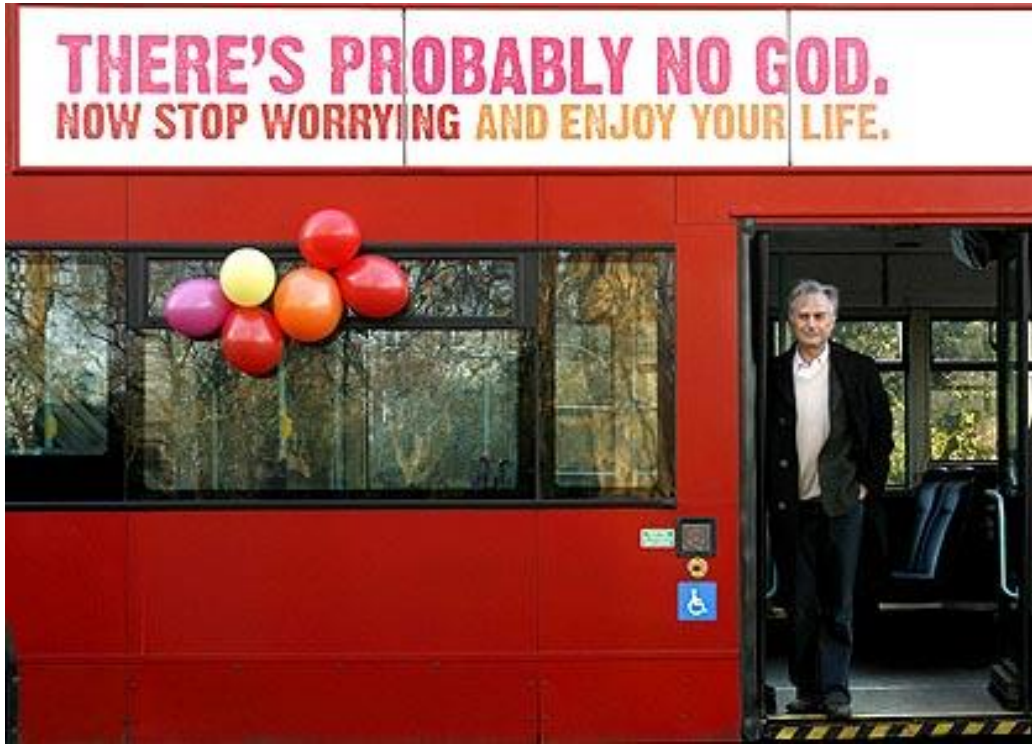
És la credulitat exclusiva dels creients?

# **Els límits de la ciència. Ciència i religió**

1. La tesi del conflicte permanent
2. Els científics i Déu
3. Hi ha límits per a la ciència?



# 1. La tesi del conflicte permanent



Campanya publicitària de Richard Dawkins a Londres

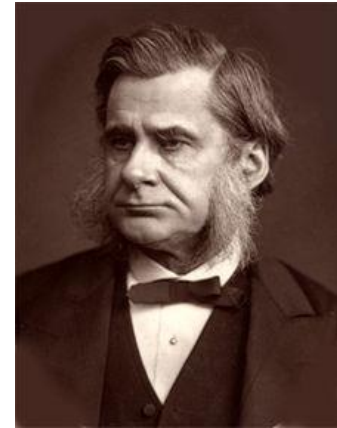
## Procés de secularització

- Iniciat per la Reforma protestant, que defensa la llibertat de consciència i el lliure examen individual, s'accentuà en el segle XVIII pels filòsofs francesos.
- En el marc de la Il·lustració, es proclamà la preeminència de la "deessa raó" (Voltaire, Rousseau) i es reivindicà un santoral laic (Bruno, Galileu).
- Distinció radical entre ciència i religió (segle XIX):
  - ✓ tres etapes (religiosa, racional, científica) en la història de la humanitat;
  - ✓ la idea de progrés, supòsit bàsic del **positivisme**.

## Controvèrsies

- La centralitat de la terra en l'univers enfront de l'**heliocentrisme**.
- La **datació del món** segons la lectura literal de la Bíblia (4004 aC).
- El significat dels **fòssils** i les roques sedimentàries (temps geològic).
- El descobriment estadístic de l'**“home mitjà”** (determinista) i el problema del lliure arbitri (individual).
- Els estudis quantitius (Francis Galton) sobre l'eficàcia terapèutica de les oracions.
- L'evolucionisme de les espècies enfront del **fixisme**: el conflicte entre l'atzar i la necessitat (**darwinisme vs. disseny intel·ligent**).

**Thomas Huxley** (biòleg evolutiu i darwinista radical) postulava, a finals del segle XIX, la impossibilitat de ser alhora “verdader fill de l'Església” i “lleial soldat de la ciència”, i proposà **el terme 'agnòstic'** per a designar aquells que pensen que no es pot ni afirmar ni negar categòricament l'existència de Déu.



Thomas Huxley

1825-1895

## **Problemes pràctics:**

- + la utilització del preservatiu
- + la transfusió sanguínia
- + la investigació amb cèl·lules mare
- + l'avortament i l'animació de l'embrió
- + el dret a morir dignament
- + la clonació humana



## 2. Els científics i Déu

### Diversitat de postures:

- La major part dels científics es consideren **agnòstics**.
- Molts es declaren indiferents o ateus (**cientisme**).
- Altres s'adhereixen a posicions **deistes** (Déu crea el món, però no hi intervé).
- N'hi ha que es consideren **creients** (practicants o no practicants) d'una religió monoteista, per bé que no acostumen a seguir un credo concret ni una moral estricta.
- També n'hi ha qui simpatitza amb idees **panteistes**: la no separació entre Déu i naturalesa (“el món com un somni de Déu”, J. L. Borges).

- **Entre els científics creients**, hi ha disparitat d'opinions sobre la intervenció de Déu en el món: uns la situen en **la creació**, altres en qualsevol moment i espai (Déu providencial que cuida de les seues criatures); en el cas dels cristians, Déu actuaria sobre el decurs de la història fins al punt d'encarnar-se com a Jesús de Nazaret (salvació).
- **La ciència seria una asíptota de la veritat**: sempre hi hauria un marge per al misteri (veritats últimes per descobrir).

### 3. Hi ha límits per a la ciència?

- **El “cientisme” radical afirma que:**
  - ✓ La ciència no té límits: indagació sistèmica del món (macro i microcosmos).
  - ✓ Aspira a conèixer-ho tot i a formular una 'teoria del tot' (utopia).
  - ✓ La ciència és l'única via que dona accés al coneixement verdader.
  - ✓ Qualsevol altra forma d'aproximació al món (filosòfica, històrica, artística, literària, religiosa) és tolerable, però no és rigorosa ni vàlida.

- **Els seus detractors sostenen que:**
  - ✓ El cientisme és un nou **fonamentalisme** on els experts ostenten el poder.
  - ✓ La ciència és una simplificació sistemàtica de la realitat (**reduccionisme**).
  - ✓ El cientisme és una forma de **totalitarisme cultural** basat en la capacitat omnímoda de la persuasió que posseeix la ciència (superior a la llei i a la religió en el món actual).
  - ✓ Els científics no són conscients de **la doble cultura** (escissió entre la cultura humanística i la científica, segons Charles Snow) i obliden que la realitat és molt més complexa i requereix altres aproximacions (art, literatura, filosofia, història).



Kurt Gödel (1906-1978)

## El teorema de Gödel

Els detractors del cientisme fan servir el teorema de Gödel, que diu que tot sistema formal d'axiomes i regles de procediment, a partir d'un cert nivell de complexitat, inclou necessàriament afirmacions que no es poden provar, ni refutar, més que des de dins del sistema.



## El principi d'incertesa de Heisenberg

Els detractors del cientisme també fan servir el principi d'indeterminació o d'incertesa, que diu que no es pot saber alhora i amb total precisió el valor de certs objectes observables, com per exemple la posició i el moment d'una partícula subatòmica.



Werner Heisenberg  
(1901-1976)

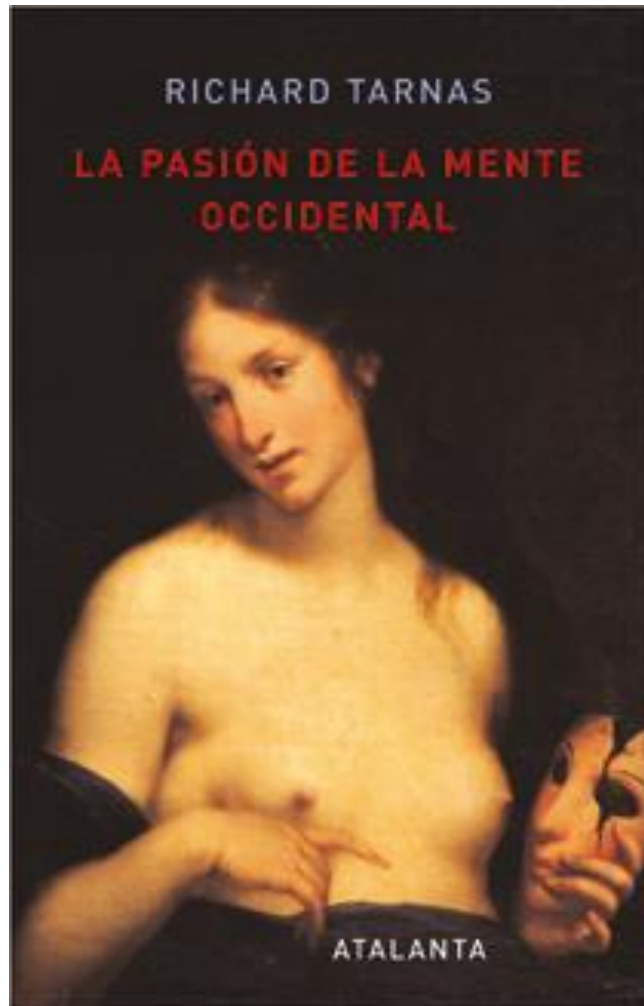


Res al marge de la raó, res en pugna amb la raó, res per  
damunt de la raó,

excepte Déu!

Salvador Espriu

(1913-1985)



Thomas Dixon, *Science and Religion: A Very Short Introduction*, Oxford/New York: Oxford University Press, 2008

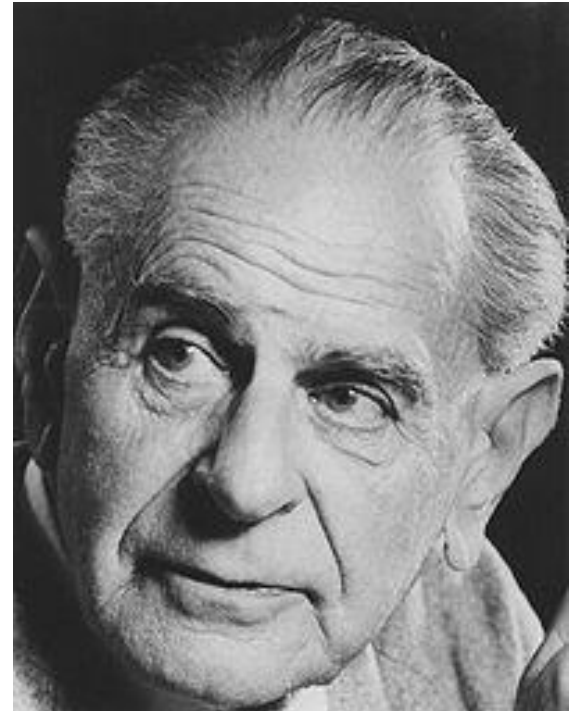


## 19. Els mètodes de la ciència



“Soc professor de  
mètode científic, però tinc  
un problema:  
no existeix tal mètode”

Karl Popper (1902-1994)





# Els mètodes de la ciència

## 1. L'activitat científica

- + àmbits o esferes
- + meritocràcia
- + comunicació de resultats
- + escepticisme organitzat

## 2. Dades (fets) i explicacions (dits)

## 3. Els instruments científics

# 1. L'activitat científica: àmbits o esferes

Habitualment, es distingeixen dos àmbits diferenciats en el quefer dels científics:

## - l'àmbit (o esfera) privat (“ciència privada”)

- ✓ A les biblioteques o als seus despatxos, recopilant i processant la informació existent, que han elaborat abans altres científics.
- ✓ Als “laboratoris”, realitzant experiments o treballs de camp i anotant els resultats obtinguts als seus quaderns de notes, diaris de laboratori o (en l'actualitat) als seus fitxers informàtics.
- ✓ Avaluació entre col·legues, elaborant projectes de recerca o informes confidencials, participant en concursos de mèrits o acreditacions docents i investigadores, etc.
- ✓ Comunicació d'informació entre experts: limitada a seminaris interns, circulació restringida de “drafts” (esborranys o “preprints papers”) i articles publicats en revistes d'especialistes.

## - L'àmbit públic (“ciència pública” o “ciència en l'esfera pública”)

- ✓ Es publiquen resultats de la recerca en revistes de divulgació o en mitjans de comunicació (els *media*) que transcendeixen l'àmbit acadèmic.
- ✓ S'amplien i es diversifiquen els públics que reben informació científica.
- ✓ Sorgeixen debats que concerneixen tota la societat, perquè els coneixements científics, involucrats en la tecnociència, impacten la vida quotidiana de la població i en la pràctica cal prendre decisions.
- ✓ Intervenen en els debats diversos agents socials amb distints interessos i abordatges diferents.
- ✓ En suma, **el coneixement científic esdevé de domini públic.**

# 1. L'activitat científica: meritocràcia

- Els científics busquen el reconeixement dels seus col·legues per:
  - + la rellevància de les seues indagacions (línia d'investigació)
  - + la pertinència de les qüestions plantejades
  - + la correcció de la metodologia adoptada
  - + la precisió dels resultats obtinguts



Premis Nobel 2008 en “Medicina o Fisiologia”:  
Harald zur Hausen, Françoise Barré-Sinoussi i Luc Montagnier

# 1. L'activitat científica: comunicació de resultats

- La comunitat científica (científics i/o científiques) està immersa en un **cicle continu de producció i consum de publicacions** (generalment, articles de revista). Els científics:
  - Han de fer els seus estudis basant-se en les aportacions prèvies dels seus col·legues.
  - Recuperen de manera sistemàtica i selectiva la literatura rellevant sobre el tema que els interessa.
  - Llegeixen (analitzen i recreen) els treballs recuperats.
  - A partir de les lectures, i amb els resultats obtinguts en les seues investigacions, elaboraren els seus propis treballs i els publiquen.



# 1. L'activitat científica: escepticisme organitzat

- La ciència respon al principi de l'“escepticisme organitzat”:
  - Per norma, es dubta dels resultats obtinguts (aliens i propis).
  - Es considera que el coneixement científic és provisional, sempre pendent de noves aportacions.
  - Al final del procés, s'obté un coneixement públic i socialment consensuat.
  - En la lògica de la comunicació científica, el coneixement així obtingut és 're-flexiu' o 'retro-actiu' (cicle producció-consum).
  - Gran part de la labor dels científics consisteix a discriminar entre resultats acceptables i inacceptables.

## Límits

- Les impostures (falsificacions) científiques solen ser detectades immediatament. No obstant això, a l'hora de valorar els resultats d'un treball és determinant el coneixement previ sobre el tema i els comportaments de la comunitat científica:
  - Els resultats que no qüestionen la teoria són més fàcilment acceptats (i viceversa).
  - Els resultats aportats per científics de prestigi són menys qüestionats i viceversa (reconeixement desigual: efecte Mateu).
  - Gran part de la informació generada (en especial, en la perifèria de la comunitat científica) no arriba a incorporar-se al conjunt general de coneixements.



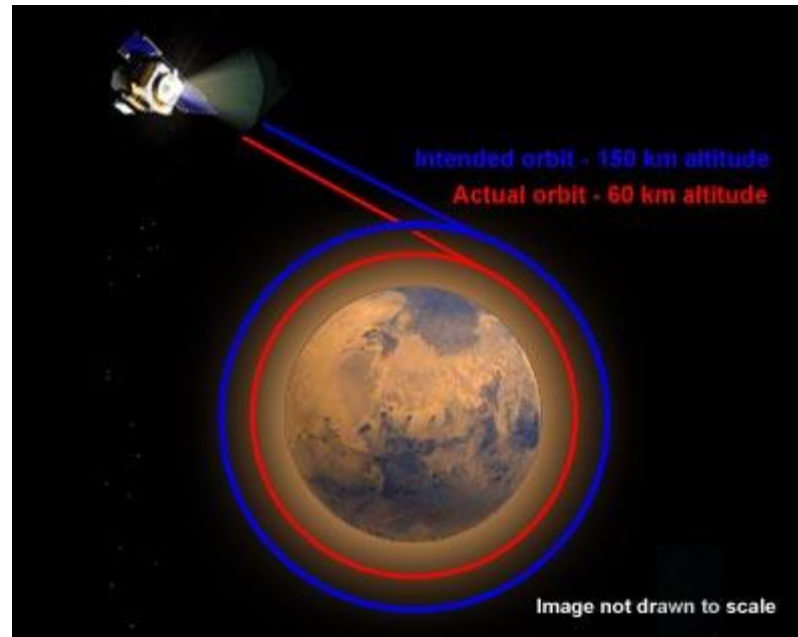
Hwang Woo-Suk i la clonació d'embrions humans  
(2004-2006)

## 2. Dades i explicacions

- És una distinció habitual en l'epistemologia tradicional.
  - + Les dades són informacions sobre el món (la natura i també la societat).
  - + Les explicacions són elaboracions teòriques que se sostenen sobre les dades.
- **Les dades:**
  - + Són enunciats verbals elaborats a partir de la percepció sensorial que revelen informació sobre el món (fets d'observació).
  - + Requisits:
    - ✓ repetibles
    - ✓ intersubjectives
    - ✓ els observadors han de ser intercanviables (no val qualsevol persona)
- La utilització sistemàtica de la tercera persona (singular o plural) en els textos científics respon a la impersonalitat de les dades.

- Les dades se solen expressar per mitjà de **valors numèrics** (dades quantitatives).
- **L'estandardització de les unitats de mesura** és un dels reptes més importants al qual s'enfronta la comunitat científica internacional.
- Fites:
  - + 1795: el sistema mètric decimal (SMD), que defineix el **metre**, el **litre** i el **gram** (amb els múltiples i submúltiples en base 10).
  - + 1889: la primera Conferència General de Pesos i Mesures reuneix els països adherits al SMD.
  - + 1960: nova definició del metre (modificada en 1983).
  - + ca. 1965: definició de les sis unitats bàsiques: **metre** (m), **kilogram** (kg), **segon** (s), **ampere** (A), **graus Kelvin** (K) i **candela** (cd)



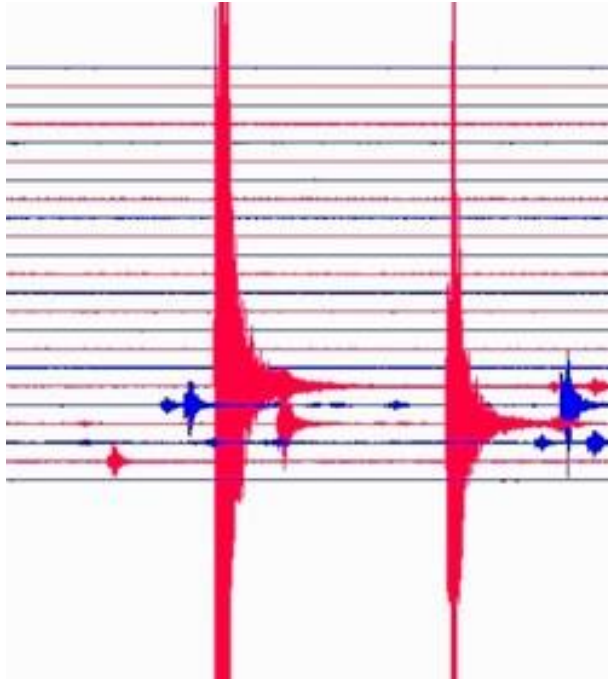


1999 (23 Set.): la sonda espacial Mars Climate, enviada per la NASA per a mantenir-se en òrbita al voltant de Mart, es va fondre contra l'atmosfera del planeta (<http://www.youtube.com/watch?v=JE6uAciHMuo>) per un error de càlcul :

La Lockheed Martin Astronautics, de Denver, feia servir el sistema anglosaxó d'unitats de mesura mentre que el Jet Propulsion Laboratory de Pasadena utilitzava el Sistema Internacional de Mesures (Sistema Mètric Decimal).

## 2.1. L'obtenció de dades: l'observació

- **Suposadament passiva**, pressuposa per part de l'observador:
  - + una contemplació atenta, encuriosida
  - + rigor en el recull de la informació
- En línies generals, es mantenen les **condicions naturals** del fenomen que constitueix l'objecte d'estudi; així, no es controla:
  - + el moment en què es produeix el fenomen
  - + les circumstàncies que hi concorren
- No exclou la utilització d'instruments, fins i tot els més sofisticats.
- És fonamental per a les ciències naturals (botànica, zoologia, etc.), però també per a l'astronomia, la sismologia o l'etologia (o la sociologia).
- Des d'aquesta perspectiva, se sol dir que **la naturalesa és l'escenari de l'observació** (i per a les ciències socials, ho seria la **societat**).



Registre de dos terratrèmols, de magnitud 3,7 i 3,3 en l'escala de Richter, entre les 10 h i les 12 h del dia 4 d'octubre de 2013 a la falla d'Amposta.

Font: Institut Geològic de Catalunya / Protecció Civil

# El proyecto «Castor» hace temblar el fondo marino

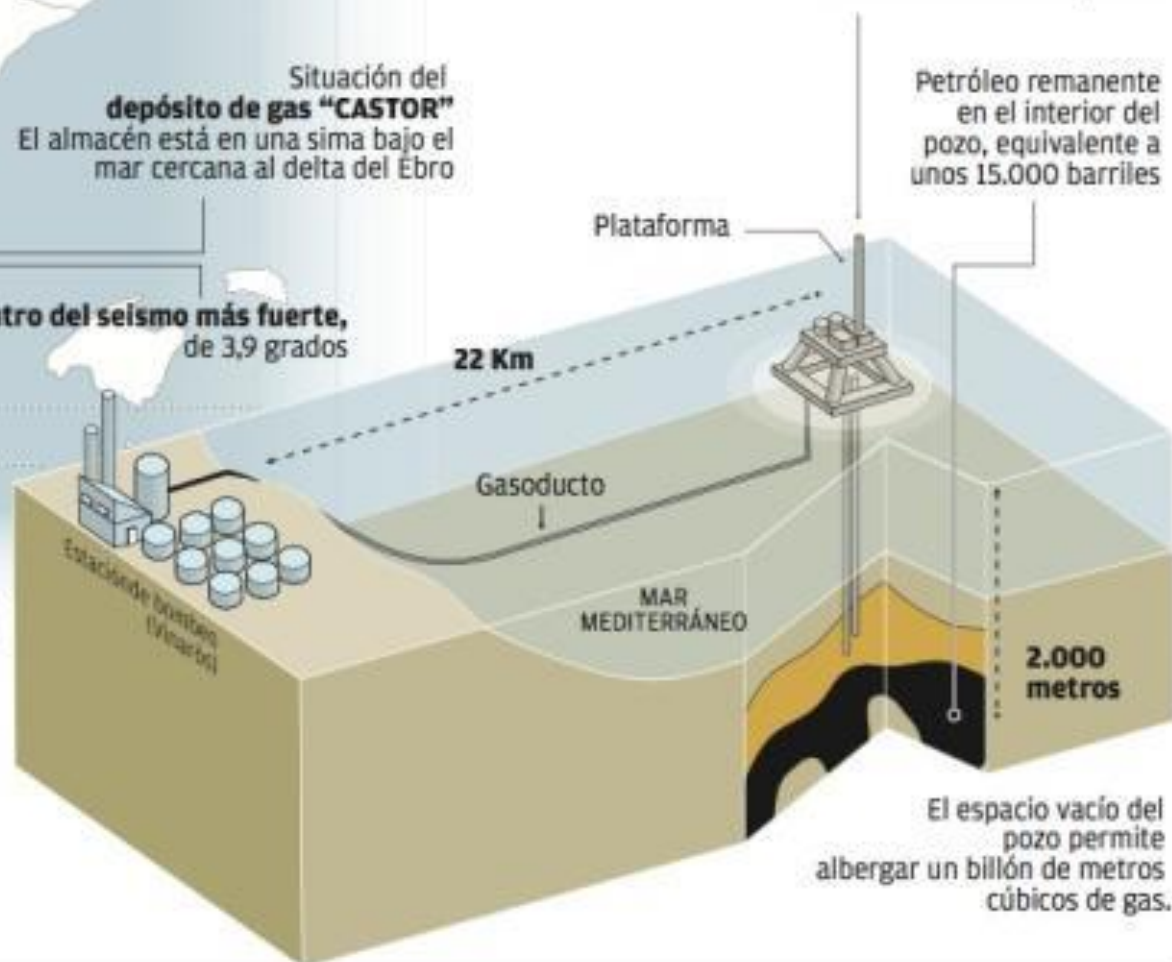
El yacimiento de petróleo se abandonó en 1989, tras producir 56 millones de barriles



Situación del depósito de gas «CASTOR»  
El almacén está en una sima bajo el mar cercana al delta del Ebro

Epicentro del seísmo más fuerte, de 3,9 grados

El gas llega hasta la plataforma marina y desde ésta es bombeado hasta la cavidad natural que hará las veces de depósito



## Terremotos a lo largo de la historia

70 microsismos entre Almenara y Vinaròs

10 terremotos en la misma zona

250 terremotos de intensidad creciente

Desde 1930

Últimos 10 años

Desde 5-Sept-2013

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Geográfico Nacional.

INFOGRAFÍA ▶ LEVANTE-EMV

## 2.1. Obtenció de dades: l'experimentació

- Variant perfeccionada de l'observació.
- Permet una planificació més activa de la recollida de dades.
- L'equip o la persona que investiga:
  - + **desencadena el fenomen** (el reproduceix);
  - + decideix el **moment** en què aquest es produeix;
  - + fa **sèries** d'experiments;
  - + controla i varia de manera sistemàtica i discrecional les circumstàncies (**variables**) per establir la relació causal amb el fenomen (**experiment analític**).
- Es pretén establir **relacions causa-efecte**: successió o coincidència en
  - + el temps (continuïtat),
  - + l'espai (contigüïtat).
- Se sol dir que **el laboratori és l'escenari de l'experimentació**.



## 2.2. El raonament científic

### - La inducció:

- + Es parteix de les dades (obtingudes per observació i/o experimentació) i s'enuncien explicacions comprensives (teories, lleis, models).
- + Es passa (inferència) dels fets particulars a afirmacions generals.
- + Raonament propi de les ciències fàctiques.

### - La deducció:

- + Es parteix del coneixement existent (lleis, teories, axiomes).
- + S'aplica la lògica.
- + S'expliquen els fets (fenòmens particulars).

### - El raonament (o mètode) hipoteticodeductiu:

- + S'argumenta a partir d'una conjectura formulada per l'investigador.
- + S'enuncia i es comprova una predicció.

## 2.3. Les explicacions

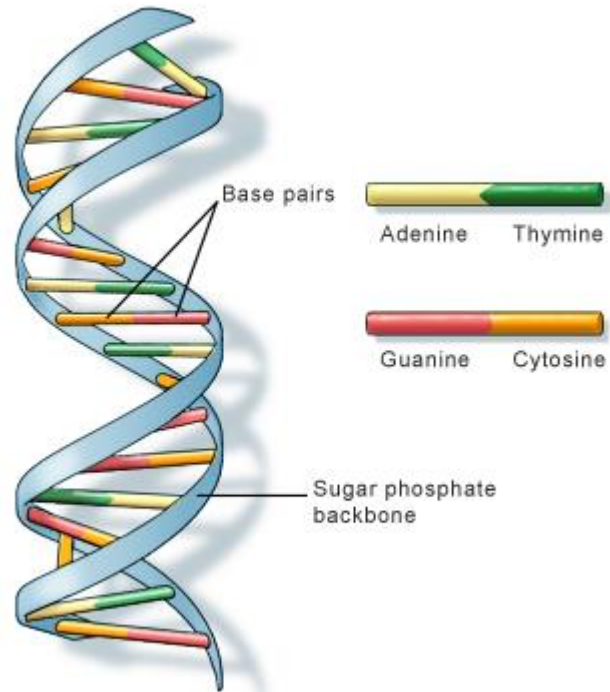
### - Les hipòtesis a priori

- + són interpretacions provisionals pendents de verificació;
- + són, en la pràctica, preguntes que cal contestar;
- + constitueixen el punt de partida del raonament científic;
- + poden sorgir a partir de:
  - ✓ experiments previs,
  - ✓ intuïció aïllada sobre una ment preparada (encuriosida).

### - Les hipòtesis, una vegada han estat validades, es transformen en

- + lleis
- + teories
- + models

- **Les lleis:** enunciats que expressen relacions funcionals entre variables, correlacions estadístiques o trets universals (p. ex., la llei de Boyle-Mariotte).
- **Les teories:** explicacions de caràcter sistemàtic que es refereixen a un camp de la naturalesa, organitzant de manera coherent un conjunt de coneixements (p. ex., la teoria cel·lular).
- **Els models o representacions:** simplificacions de la realitat basades en determinades hipòtesis que es consideren raonables (p. ex., els models atòmics, la doble hèlix, etc.).



U.S. National Library of Medicine



*La traïció de les imatges*

[Això no és una pipa]

René Magritte (1929)



### 3. Instruments científics: concepte

- Per a l'obtenció de dades, habitualment són necessaris instruments d'observació que, suplint les limitacions dels sentits, mesuren i registren els fenòmens.
- Els observadors han de tenir prou coneixements i habilitats tècniques per a ser capaços d'utilitzar-los i de comprendre els resultats que ofereixen.
- La presa de dades per mitjà d'instruments implica l'acceptació de lleis o teories sobre la naturalesa dels fenòmens observats (p. ex., un estudi d'espectrometria pressuposa l'acceptació de les lleis de la refracció de la llum).

- Històricament, el concepte d'instrument no té uns límits ben precisos.
  - + En els segles XVII i XVIII hi havia instruments 'òptics', 'matemàtics' o 'filosòfics'.
  - + Hi ha hagut instruments que, com el termòmetre, s'han adaptat en funció de l'ús (→ la termometria clínica).
  - + En l'actualitat els instruments integren una part important de l'anomenada **“cultura material de la ciència”**.
- Entre els instruments, n'hi ha:
  - + de passius (termòmetre, balances, voltímetre), que mesuren les observacions;
  - + d'actius (tubs de rajos catòdics, acceleradors de partícules, etc.), que creen nous fenòmens al laboratori.

### 3. Instruments científics: tipus

- Els instruments varien en funció del tipus de públic (consumidors) al qual van dirigits:

- + usos docents

- + usos industrials

- + usos professionals

- + usos científics (investigació) pròpiament dits

- Per la seua complexitat, n'hi ha:

- + de molt simples (un tub d'assaig, una pipeta, una placa de Petri),

- + de molt complexos (un telescopi astronòmic).

### 3. Instruments científics: l'error experimental

- L'error en la mesura introduït per l'instrument no és possible eliminar-lo completament; per això, ha de ser conegut i cal estimar-ne la magnitud determinant l'exactitud i la precisió.



### 3. Instruments científics: les “caixes negres”

- Els instruments tendeixen a ser presentats, als articles científics, com a eines no problemàtiques:
  - + Poques voltes es fan explícits els supòsits teòrics sobre els quals es basa el seu ús.
  - + Suposadament, existiria una “transparència” intrínseca (S. Schaffer), perquè se’ls considera bons transmissors de la informació recollida, la qual cosa assegura la fiabilitat de les dades.
- El procés d’acceptació de les dades obtingudes per mitjà d’instruments és, però, més complicat del que se suposava.
- Alguns autors (Bruno Latour, Trevor Pinch) denominen “**caixes negres**” els instruments el funcionament intern dels quals no és ben conegut pels científics que els utilitzen.
- En l’actualitat, s’aplica també l’expressió “caixa negra” per a designar els conceptes teòrics que s’utilitzen sense ser ben coneguts.



### 3. Instruments científics: el coneixement tàcit

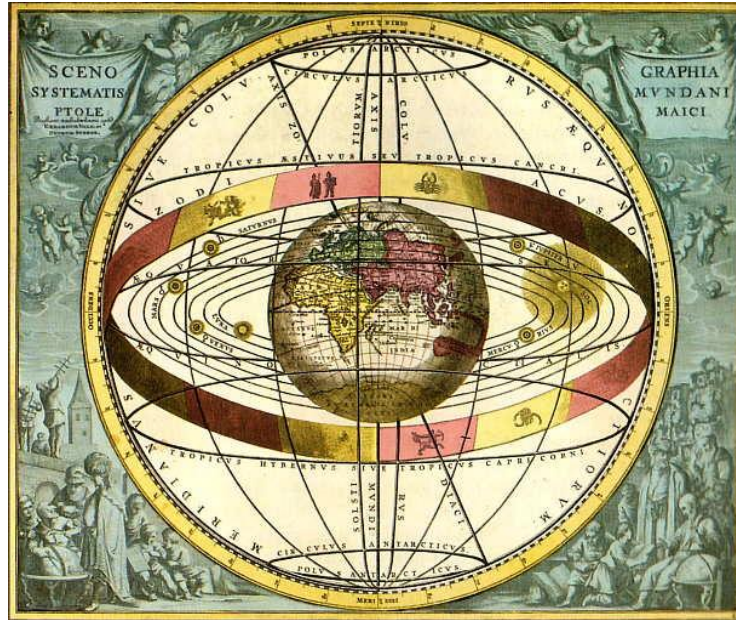
- Altres autors (H. Collins) denominen “**coneixement tàcit**” el coneixement sobre l’ús dels instruments que no apareix explícit en les publicacions (“components no formalitzables del coneixement científic”) i que només s’adquireix per mitjà de l’estreta col·laboració amb els seus creadors.
- La manca del coneixement tàcit impedeix de vegades la reproducció dels experiments a aquells que no han tingut contacte prolongat amb els grups de treball que els han creat.

## Lectures recomanades:

Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid, Siglo XXI, p. 3-9.

Fara, P., “Incertidumbres”. *Breve historia de la ciencia*, p. 446-455.

Ruiz-Castell, P. La ciència: percepció i inestabilitat. N'hi pot haver un únic relat?  
*Mètode*, 2015, 84: 65-71.



## 20. El problema de la inducció



# El problema de la inducció

## 1. Crítiques a l'inductivisme ingenu

- + objectivitat / subjectivitat de les observacions
- + la generalització (particular → universal)
- + els enunciats observacionals
- + l'observació depèn de la teoria
- + el problema dels instruments d'observació

## 2. Respostes al problema de la inducció

- + falsacionisme (K. Popper)
- + paradigmes, ciència normal, revolució i crisi (T. Kuhn)

# 1. Crítiques a l'inductivisme ingenu

- El mètode inductiu postula que:

+ La ciència comença en l'observació.

+ L'observació ofereix una base segura per al coneixement científic.

+ El raonament inductiu és objectiu i vàlid.

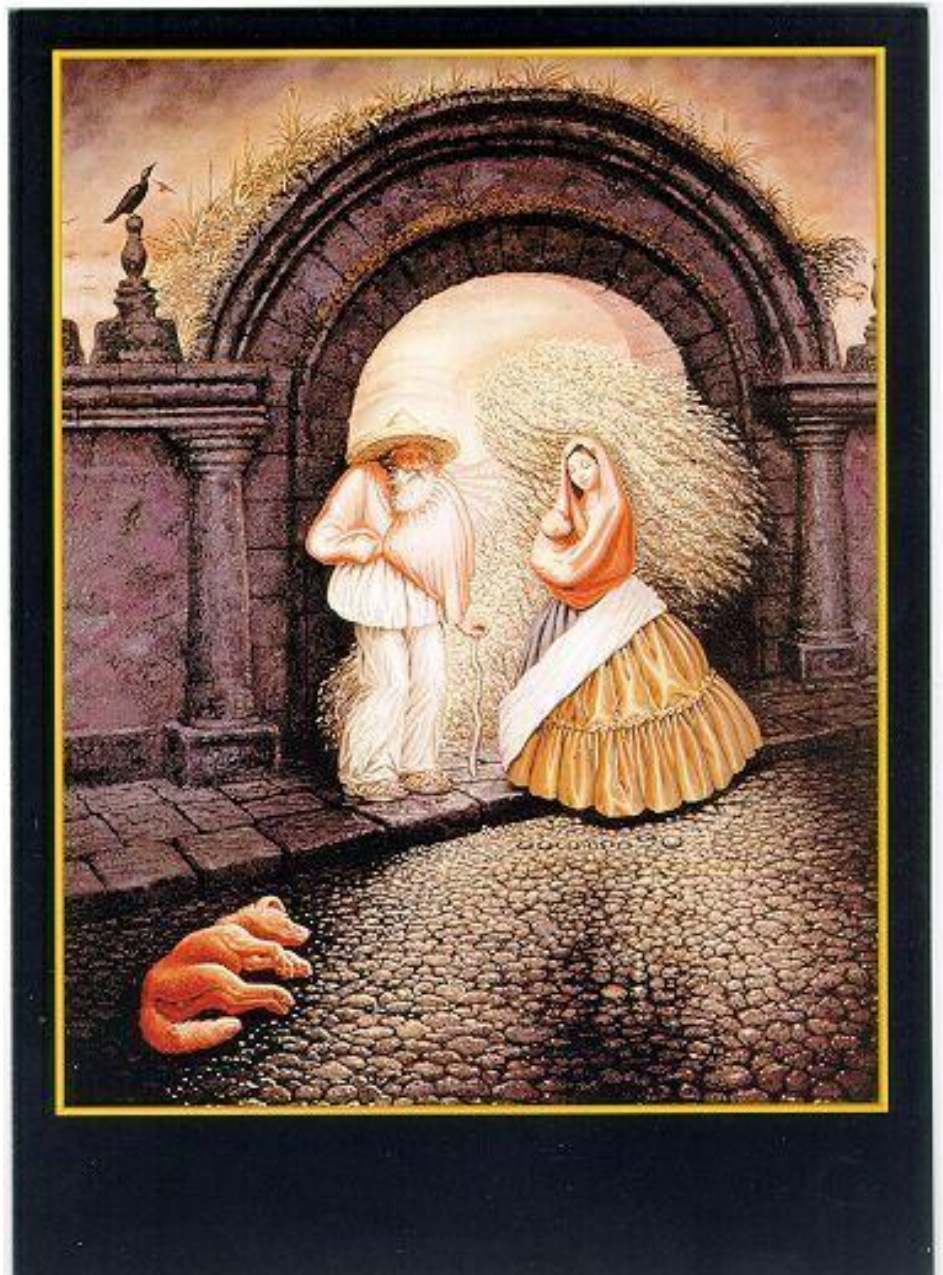
+ La comprovació d'una explicació es fa replicant l'observació o bé afegint noves dades a les ja disponibles.

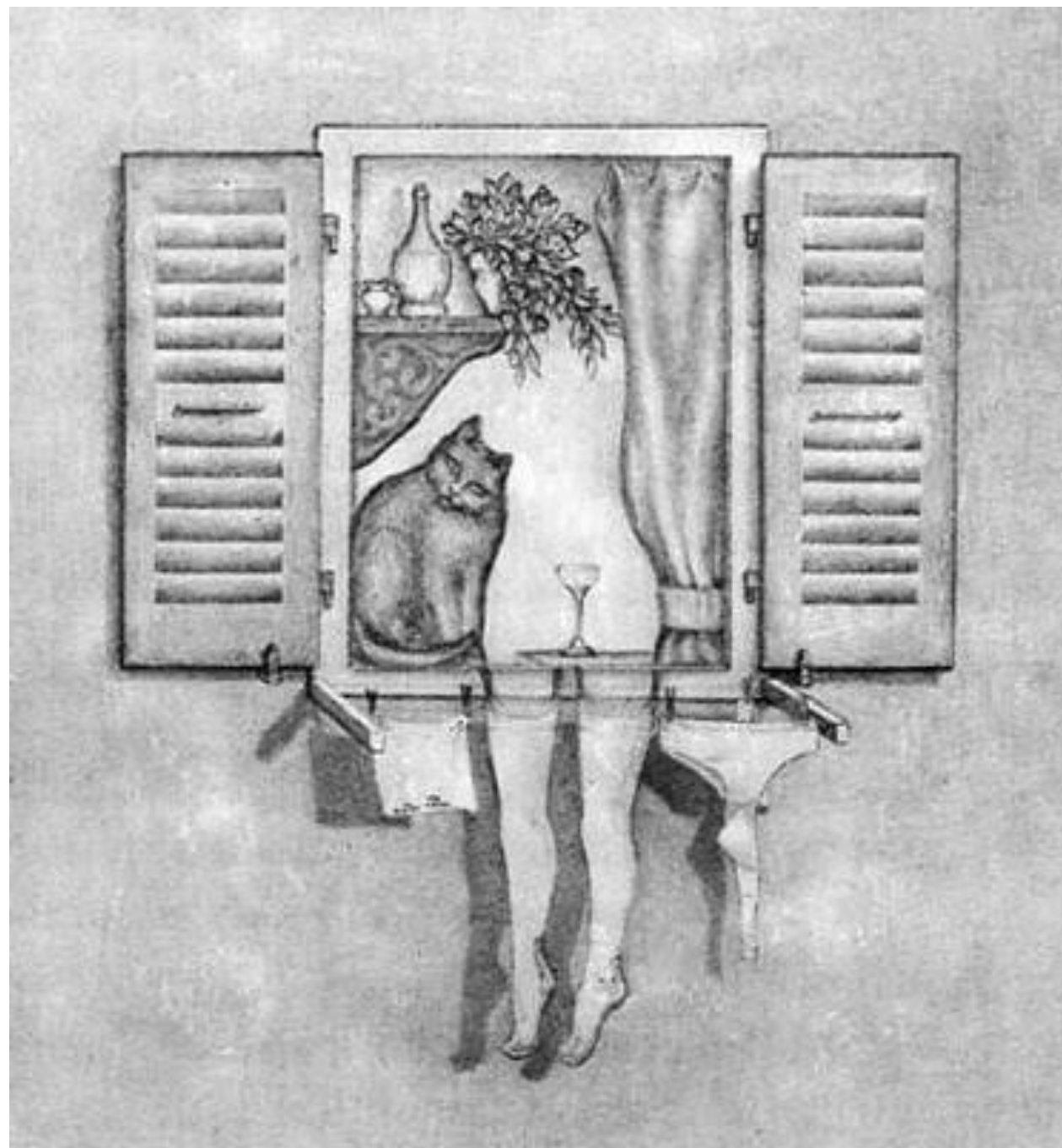
+ Les teories científiques es deriven, de manera, dels fets, de l'experiència, adquirits mitjançant l'observació i l'experimentació.

+ El coneixement científic és coneixement fiable perquè és coneixement objectivament provat.



- El mètode inductiu presenta importants inconsistències:
  - + La **subjectivitat de l'observació**, perquè les percepcions sensorials estan condicionades per les expectatives de l'observador (p. ex., el dibuix de "l'escala"; les il·lusions màgiques).
  - + La **impossibilitat lògica de la generalització**, això és, passar del particular a l'universal (p. ex., el poliment inductiu).
  - + La **dificultat per a formular enunciats observacionals**, ja que no es poden expressar sinó dins de les teories existents.
  - + La complexitat del procés d'acceptació de les dades obtingudes per mitjà dels **instruments científics**.





## Els enunciats observacionals

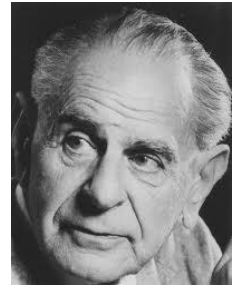
- S'expressen en el llenguatge d'una teoria; això és, la teoria precedeix l'observació:
  - + L'enunciat “el feix d'electrons fou repel·lit pel pol nord de l'imant”
  - + pressuposa:
    - ✓ la composició atòmica de la matèria;
    - ✓ l'existència de partícules subatòmiques;
    - ✓ la càrrega elèctrica negativa d'algunes partícules;
    - ✓ les forces d'atracció i repulsió que posseeixen els imants.

- Els enunciats observacionals no poden expressar-se sinó per mitjà dels conceptes i dels termes propis d'una teoria.
- **La teoria** (el marc teòric) **guia l'observació i l'experimentació**
  - + Les observacions i els experiments es fan per a comprovar o per a aclarir una teoria.
  - + Exemple: no té sentit estudiar les característiques del lòbul de l'orella amb la finalitat d'establir relacions causals amb el càncer de pulmó si no s'ha plantejat prèviament una relació entre tots dos elements.



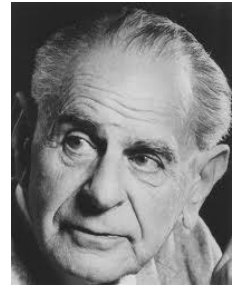
## Els instruments científics

- L'acceptació de les dades obtingudes per mitjà d'instruments científics és **un procés més complicat** del que es pensava.
- En la mesura d'un fenomen sempre hi ha un **marge d'error**; en casos extrems, l'error pot ser màxim (principi d'incertesa de Heisenberg).
- Pressuposa l'**acceptació implícita de les teories subjacents** que fan possible el funcionament de l'instrument.
- Els instruments funcionen de vegades com a "**caixes negres**" sobre els quals existeix en un moment donat un "**coneixement tàcit**".



## 2.1. Respostes als problemes de la inducció: el falsacionisme

- Formulats pel filòsof de la ciència, d'origen austríac, Karl Popper (1902-1994), que visqué a Nova Zelanda i al Regne Unit.
- Popper parteix de dos principis:
  - + L'observació està guiada per la teoria.
  - + **La verificació d'una llei és impossible**, ja que és *lògicament* insostenible que es puguin fer infinites observacions (no és possible establir lleis generals a partir d'un nombre limitat d'observacions).
- Popper proposa, en canvi, que les teories que no superen les proves observacionals i experimentals siguin eliminades (refutació) i reemplaçades per altres conjectures més versemblants.



- Encara que no es pot afirmar que una teoria siga vertadera, sí que es pot dir que és la millor disponible.
- Segons Popper, els científics dediquen la major part del temps a refutar les conjectures dels seus col·legues (i de les pròpies) per mitjà de l'aportació de dades d'observació.
- En conseqüència, perquè puguin ser considerats científics, **els enunciats han de ser necessàriament “falsables”**; així:
  - + Falsable (però no verdadera): “l'aigua bull sempre a 100° C”.
  - + Falsable (verdadera): “la temperatura d'ebullició de l'aigua varia amb l'altura”.
  - + No falsable (però verdaderes):
    - ✓ “El proper cap de setmana plourà o no plourà.”
    - ✓ “És possible tenir sort jugant al bingo.”

## 2.2. Respostes als problemes de la inducció: les teories com a estructures



- El filòsof i historiador de la ciència nord-americà Thomas Kuhn (1922-1996) en el seu famós llibre *L'estructura de les revolucions científiques* (1962):
  - + Recull les idees del microbiòleg polonès Ludwik Fleck (1896-1961), que proposà que tota teoria sorgeix dins d'un “estil de pensament” (conjunt de normes, principis, conceptes i valors propis d’una època que és acceptat per un “col·lectiu de pensament”).
  - + A diferència del falsacionisme de Popper, aquest és **un model filosòfic relativista i discontinuista**, ja que la validesa d’una explicació estaria subjecta al marc històric i social.
  - + Sosté que **les teories són totalitats estructurades**, fora de les quals les observacions no tenen sentit.



## El “paradigma”:

- + Constituint pels supòsits teòrics generals, les lleis i les tècniques per a la seua aplicació, que adopten els membres d’una determinada comunitat científica.
- + El paradigma estableix les regles necessàries per a legitimar el treball dins d’una ciència.
- + Exemple: la teoria cel·lular, que afirma que la cèl·lula és la unitat fonamental (forma, funció, origen, malaltia) de la matèria viva amb tots els enunciats observacionals i les tècniques que els fan possibles.





- La “**ciència normal**”:

+ Integrada pels paradigmes imperants en un camp de la ciència en un moment històric concret.

- La “**crisi**”:

+ Resulta de la investigació dins de la ciència normal.

+ Apareix quan les noves observacions no encaixen dins el paradigma.

+ Suposa el qüestionament del paradigma per l’acumulació d’anomalies.

- La “**revolució**”:

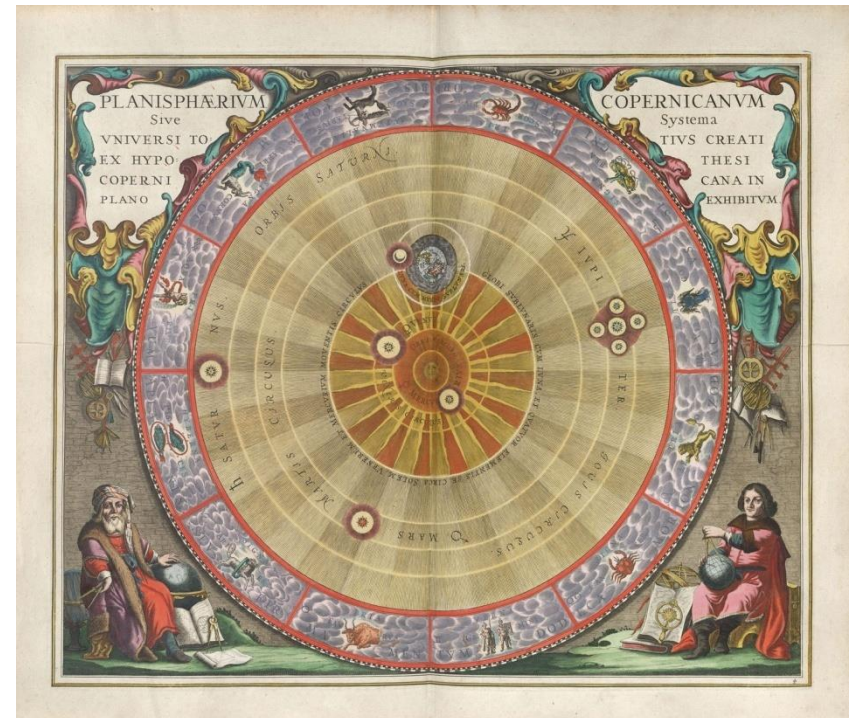
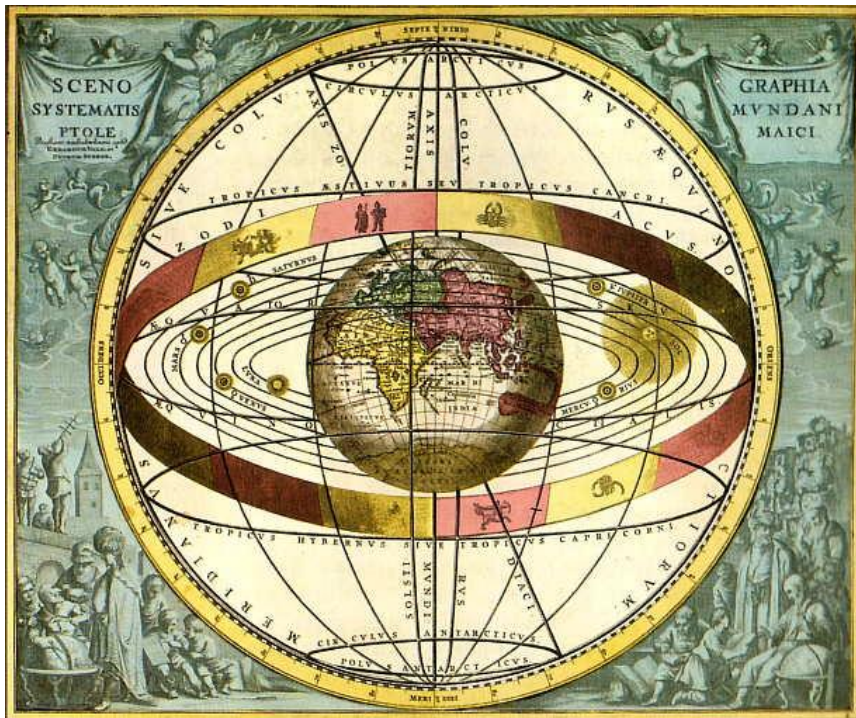
+ Quan el paradigma es debilita i ningú no hi confia, apareix la “revolució”.

+ Aleshores, es produeix el canvi de paradigma.

+ El nou paradigma és **diferent i incompatible** amb l’anterior.

+ A la llarga, es consolida una nova ciència normal.

# La revolució copernicana





# DIALOGO

DI  
GALILEO GALILEI LINCEO  
MATEMATICO SOPRAORDINARIO

DELLO STUDIO DI PISA.

*E Filosofo, e Matematico primario del*

SERENISSIMO

## GR. DVCA DI TOSCANA.

Dooue ne i congressi di quattro giornate si discorre  
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO  
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali  
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI



VILEGI.

IN FIORENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

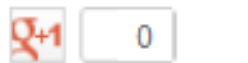
SÁBADO, 31 de octubre de 1992

# Juan Pablo II rehabilita hoy a Galileo, 359 años después de que fuera condenado

- La Iglesia acepta oficialmente que la Tierra gira alrededor del Sol

31 OCT 1992

Archivado en: Ciencia



Juan Pablo II pedirá hoy -359 años, 4 meses y 9 días después de la sentencia de la Inquisición- perdón por la condena injusta de Galileo Galilei y rehabilitará al filósofo y matemático de Pisa, al tiempo que presentará el libro Copérnico, Galileo y la Iglesia: fin de la controversia (1820), en el que se establece que afirmar que la Tierra gira alrededor del Sol no es blasfemia. Galileo llegó a abjurar de sus ideas y pese a ello fue condenado.

**Lectura recomanada:**

Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid, Siglo XXI,  
pp. 11-37; 39-58; 59-73; 127-141.





## 21. L'estructura normativa de la ciència



Respuestas en %

Aprueba Desaprueba

SALDO APRUEBA-DESAPRUEBA

Aprueba	Desaprueba		SALDO APRUEBA-DESAPRUEBA
91	7	Los médicos de la sanidad pública	+84
89	6	Los investigadores científicos	+83
88	8	Las pequeñas y medianas empresas	+80
86	9	Los profesores de la enseñanza pública	+77
84	12	Las ONG	+72
82	15	La policía	+67
81	15	La Guardia Civil	+66
80	17	La obra social de la Iglesia (Cáritas)	+63
78	16	Los servicios sociales de su municipio	+62
76	19	El rey Felipe VI	+57
74	23	La Universidad	+51
66	24	Las Fuerzas Armadas españolas	+42
64	25	Los abogados	+39
60	35	La prensa (los periódicos)	+25
55	37	Los inspectores de Hacienda	+18
53	38	El Tribunal Supremo	+15
54	40	Los jueces, en general	+14
52	39	Los fiscales, en general	+13
53	44	La sanidad pública	+9
49	41	El Tribunal Constitucional	+8
47	42	Los curas de las parroquias	+5
48	46	Los Ayuntamientos	+2

SALDO APRUEBA-DESAPRUEBA

SALDO APRUEBA-DESAPRUEBA	Aprueba	Desaprueba
-6	45	51
-7	43	50
-15	39	54
-20	38	58
-21	35	56
-30	34	64
-31	33	64
-33	27	60
-48	21	69
-54	21	75
-58	20	78
-62	17	79

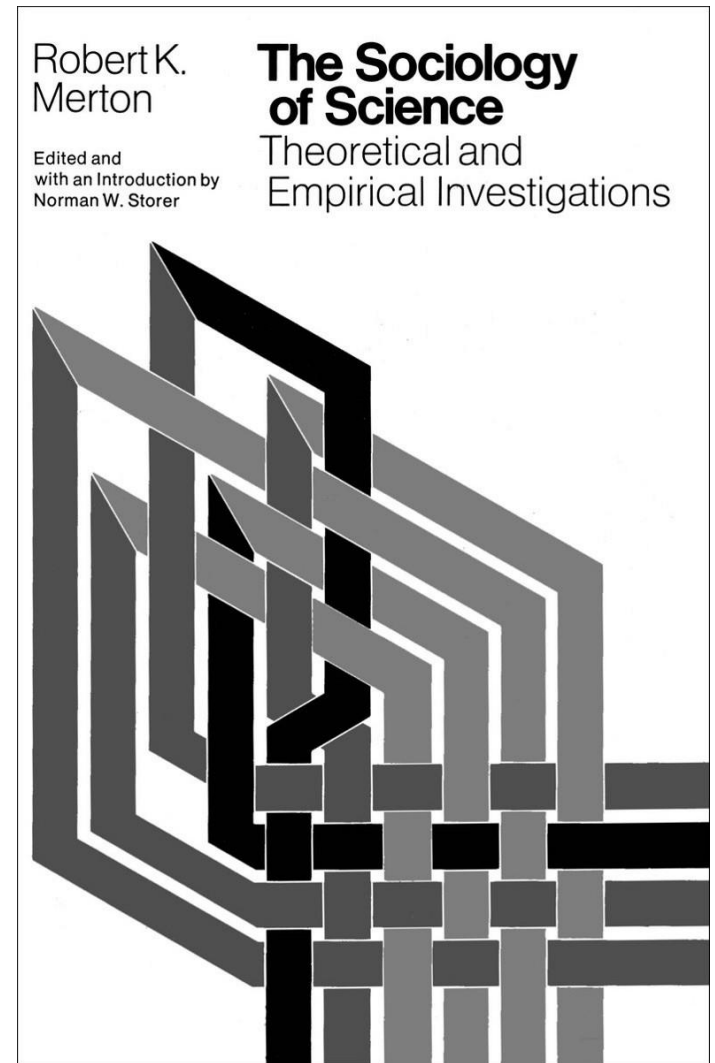
# L'*ethos* científic

1. Robert Merton i la sociologia institucional de la ciència

2. L'estructura normativa de la ciència:

- + universalisme
- + comunisme
- + desinterès
- + escepticisme organitzat

3. Les crítiques a Merton



## Robert Merton (1910-2003)

- Un dels sociòlegs de major renom del s. XX.
- Dedicà la seua tesi doctoral (Harvard, 1936) a l'estudi sociològic dels filòsofs naturals en l'Anglaterra del segle XVII, subratllant el paper del protestantisme en el desenvolupament de la ciència moderna.
- Professor de la Columbia University (NY).
- President de l'American Sociological Association (1956).
- Medalla nacional de la ciència (EUA, 1994).



## 2. L'estructura normativa de la ciència

- La “**bona ciència**” (R. Merton) implica una sèrie d'imperatius:
  - + una indagació il·limitada i sistemàtica de la natura i del món
  - + l'objectivitat com a criteri bàsic de la comunitat científica
  - + l'exigència d'elaborar explicacions que s'atinguen a les dades
  - + la provisionalitat de qualsevol coneixement
  - + l'acceptació implícita de la fal·libilitat (hi cap l'error)



- Segons Merton, dels supòsits metodològics dimana una estructura normativa; això és, un *ethos* institucional caracteritzat per:
  - + l'universalisme
  - + el comunisme
  - + el desinterès
  - + l'escepticisme organitzat
- Així, la ciència es manté lliure i independent.

## 2.1. L'universalisme

- Cal que qualsevol enunciat científic es base en observacions ben fetes i en coneixements confirmats.
- No hi han d'influir les característiques personals o socials de la persona que els enuncia.
- Les teories científiques no es poden imposar sobre la base de judicis de valor o criteris particulars de:
  - + nacionalitat
  - + ètnia o raça
  - + religió
  - + gènere
  - + classe social
  - + edat
  - + etc.

- A tall d'exemples, a l'universalisme s'oposarien (no ho diu Merton):
  - + L'intent dels nazis d'elaborar una ciència ària pura eliminant les obres científiques dels autors jueus [prejudici de caràcter nacional].
  - + El menyspreu dels WASP (White, Anglo, Saxon, Protestant) davant els resultats dels investigadors d'altres ètnies [prejudici de classe social i/o racial].
  - + La condemna d'una teoria perquè contravé un dogma religiós o la veritat revelada (p. ex., l'heliocentrisme, l'evolucionisme, etc.) [prejudici de caràcter religiós].
  - + El descrèdit de la capacitat intel·lectual de la dona, la medicalització de la menopausa o de l'homosexualitat, etc. [prejudici de gènere].

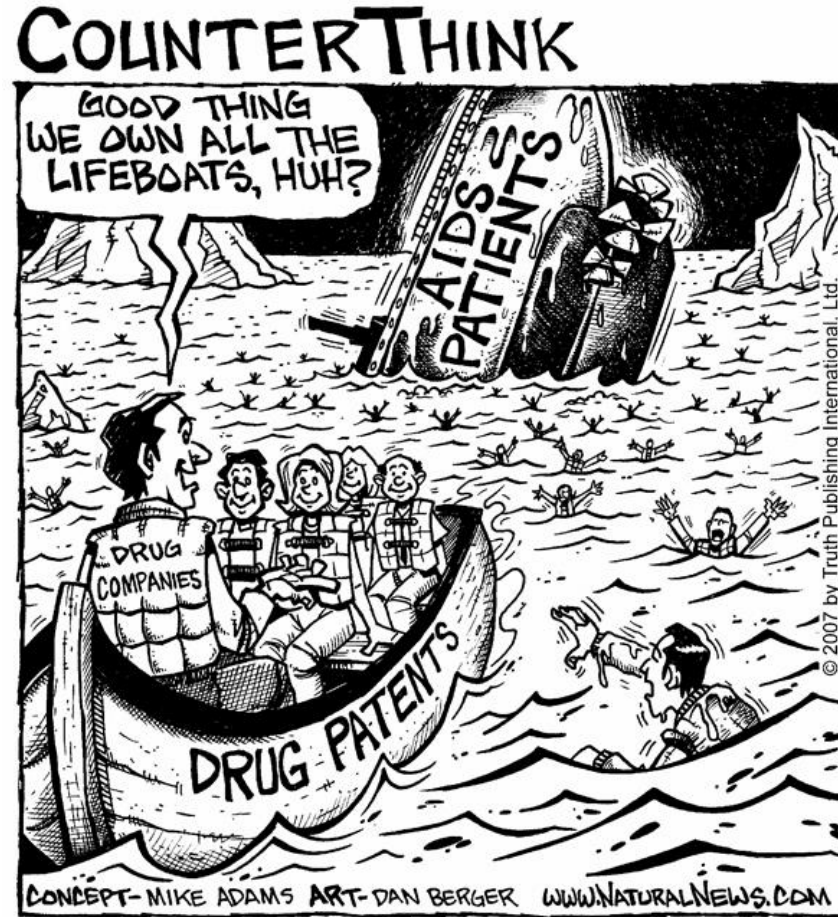
## 2.2. Comunisme

- Les troballes de la ciència són producte de la col·laboració social i s'atribueixen a la comunitat, i constitueixen un patrimoni comú de la humanitat.
- El dret del científic a la seua propietat intel·lectual consisteix en el reconeixement i l'estima atorgats per la comunitat científica en funció de les seues aportacions a la ciència (meritocràcia).
- Un coneixement adquireix valor en la mesura que es comunica (es difon i rep citacions d'altres autors en llurs publicacions).
- Al comunisme s'oposaria:
  - + el secretisme → les patents
  - + el personalisme → les disputes de prioritat

- El secretisme:
  - + S'oculta el coneixement en benefici propi.
  - + Les patents constitueixen un procediment per regular l'apropiació, l'ús i/o el no ús.
  
- El personalisme (les disputes de prioritat):
  - + Davant descobriments múltiples, es desencadenen controvèrsies al voltant de la paternitat o primacia.
  - + Es manifesta, a vegades, per mitjà dels epònims (neologismes que contenen el nom del suposat inventor o descobridor).
  - + La llei de Stiegler diu que la major part dels epònims són en realitat atribucions errònies.



## Patents versus Patients



Als països del Tercer Món i del Quart Món, les patents impedeixen que la major part dels pacients puguin accedir als medicaments.



Goll exoftàlmic

malaltia de Basedow  
malaltia de Graves  
malaltia de Parry  
malaltia de Flajani  
malaltia de Graves-Basedow  
malaltia de Basedow-Flajani  
malaltia de Parry-Graves

## 2.3. Desinterès

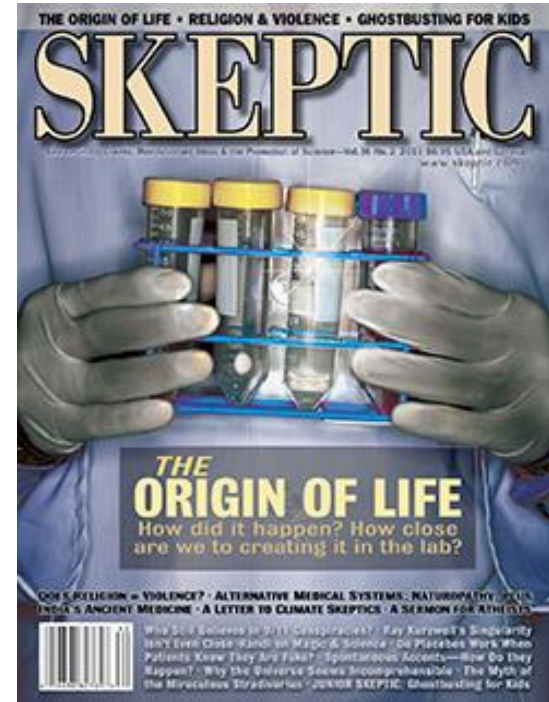
- La relativa integritat (honestedat) de l'activitat científica és una conseqüència del caràcter públic i verificable de la ciència.
- El desinterès es manifesta en la mesura que els científics són responsables davant els seus col·legues i que les seues contribucions són constantment posades a prova.
- La competència entre els científics és tan implacable que poques voltes es produeixen impostures (fiascos).
- Contribueix a l'estabilitat institucional de la comunitat científica.



Laboratori del Centre Nacional d'Investigacions Cardiovasculars (CNIC), 2016

## 2.4. L'escepticisme organitzat

- Norma metodològica i institucional de la comunitat científica.
- Patró de conducta institucionalitzat entre els científics.
- Suposa la suspensió del judici fins que es dispose de dades fiables i suficients, i també l'examen independent, lliure de creences o opinions personals.





- The Skeptics Society, fundada el 1992, impulsa l'escepticisme científic en contra de les supersticions, les pseudociències i les creences irracionals; té més 55.000 socis.  
<http://www.skeptic.com/academic-discipline/biology/>
- Postula que la fal·libilitat de la ciència és la seua gran fortalesa.

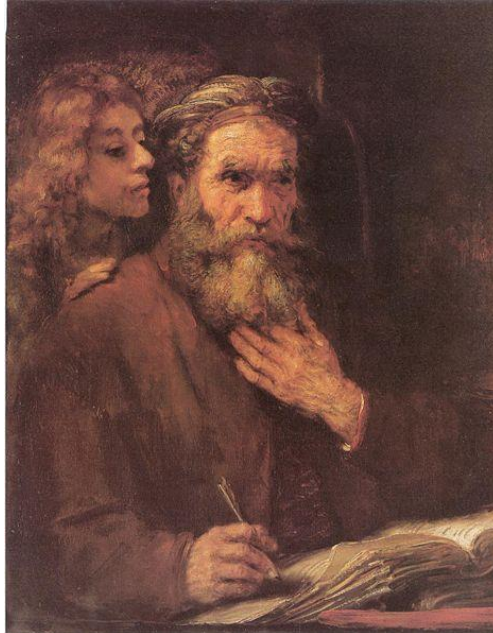


### 3. Les crítiques a Merton

- Una visió molt idealitzada i prescriptiva i no descriptiva del que és la ciència.
- L'ambivalència sociològica (Merton): normes i contranormes
  - + particularisme
  - + individualisme
  - + interès
  - + dogmatisme organitzat

## **Lectures recomanades:**

Merton, R. “Los imperativos institucionales de la ciencia.” En: Barnes, B. (comp.), *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza, 1980, p. 67 i ss.



## 22. La ciència com a meritocràcia



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Història de la Ciència

**Biologia, Universitat i Societat (Història de la Biologia)**

Grau en Biologia

## L'efecte Mateu i l'efecte Matilda

- La pretensió d'universalitat
- Una reflexió biogràfica
- Un article en *Science*
- Una cita bíblica
- El monopoli del crèdit
- La veterania és un grau
- Un efecte pervers
- I, naturalment, una qüestió de gènere



## La pretensió d'universalitat

- Segons R. Merton, un dels determinants institucionals de la ciència –del coneixement científic– és la pretensió d'universalitat.
- Suposadament, l'universalisme exclou qualsevol prejudici o factor inherent a la nació, raça, religió, gènere, ideologia política, etc.
- Fins i tot, l'edat i el prestigi del científic són irrellevants quan es tracta de la veracitat d'un enunciat científic.

## Una reflexió biogràfica

- Robert Merton es casà en 1934 amb Suzanne Carhart.
- La parella tingué dues filles i un fill: Robert C. Merton, premi Nobel d'economia en 1997.
- Es divorcià en 1968.
- En 1992 morí Suzanne.
- En 1993 Merton es casà amb Harriet Zuckerman.



## Un article en *Science*

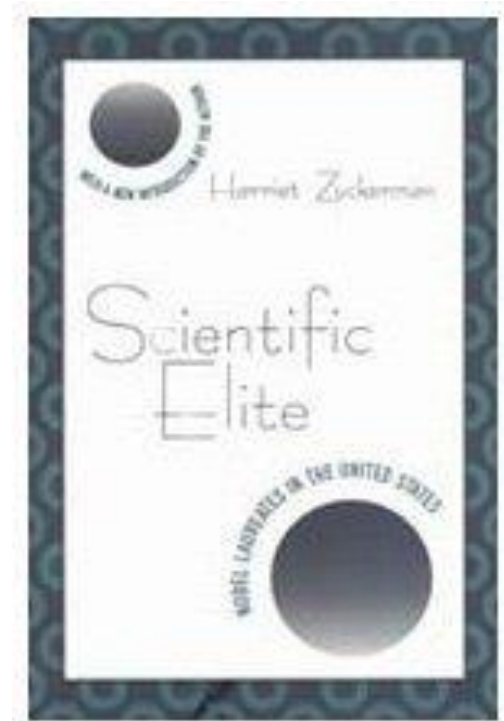
Merton, R. “The Matthew Effect” *Science* 1968; 159: 56-63.

### *Science*

- Publicació setmanal de l'*American Association for the Advancement of Science*.
- Una de les revistes científiques més prestigioses del món.
- En l'actualitat, diverses publicacions:
  - + *Science Signalling* (biologia molecular)
  - + *Translational Medicine* (biomedicina)



“This paper develops a conception of ways in which certain psychosocial processes affect the allocation of rewards to scientists for their contributions --an allocation which in turn affects the flow of ideas and findings through the communication networks of science. The conception is based upon an analysis of the composite of experience reported in Harriet Zuckerman’s interviews with Nobel laureates in the United States (1) and upon data drawn from the diaries, letters, note books, scientific papers, and biographies of other scientists”



Merton, R. “The Matthew Effect” *Science* **1968**; 159: 56-63.

(1) The author [R. Merton] is Giddings Professor of Sociology at Columbia University, New York. This article is based on a paper read before The American Sociological Association in San Francisco, August 1967.

**Una cita bíblica:**  
**la paràbola dels talents**  
**Mateu, 13:12; 25:29**

“A vosaltres se us ha concedit conèixer els misteris del Regne del Cel, però a ells, no. Perquè a qui té se li donarà més i tindrà en abundància, però a qui no té, se li llevarà allò que té.”





## El monopoli del crèdit

- Per aportacions equivalents, els científics més eminents
  - + adquireixen més reconeixement,
  - + acaparen el crèdit i el mèrit.
- Aquells que ja han publicat, tenen més possibilitats de
  - + veure publicats els seus treballs en revistes importants,
  - + aconseguir més recursos per als seus projectes.



Robert Edwards, 85 anys, Nobel en Medicina 2010, pel tractament de la fertilització humana in vitro.

## La veterania és un grau

- Els premis s'adjudiquen als científics de més edat.
- Els més joves passen desapercebuts.
- No debades es parla de la ciència com una gerontocràcia.

## Un efecte pervers

- Mitja dotzena de països acaparen tots els premis Nobel.
- Una dotzena d'universitats nord-americanes concentren la major part dels premis Nobel.
- Els guardonats solen considerar-ho un efecte “pèrfid” i ho denuncien sistemàticament.
- En teoria, viola la norma bàsica de l'universalisme perquè a priori assigna el crèdit en funció del centre de treball, la procedència, l'edat, etc.

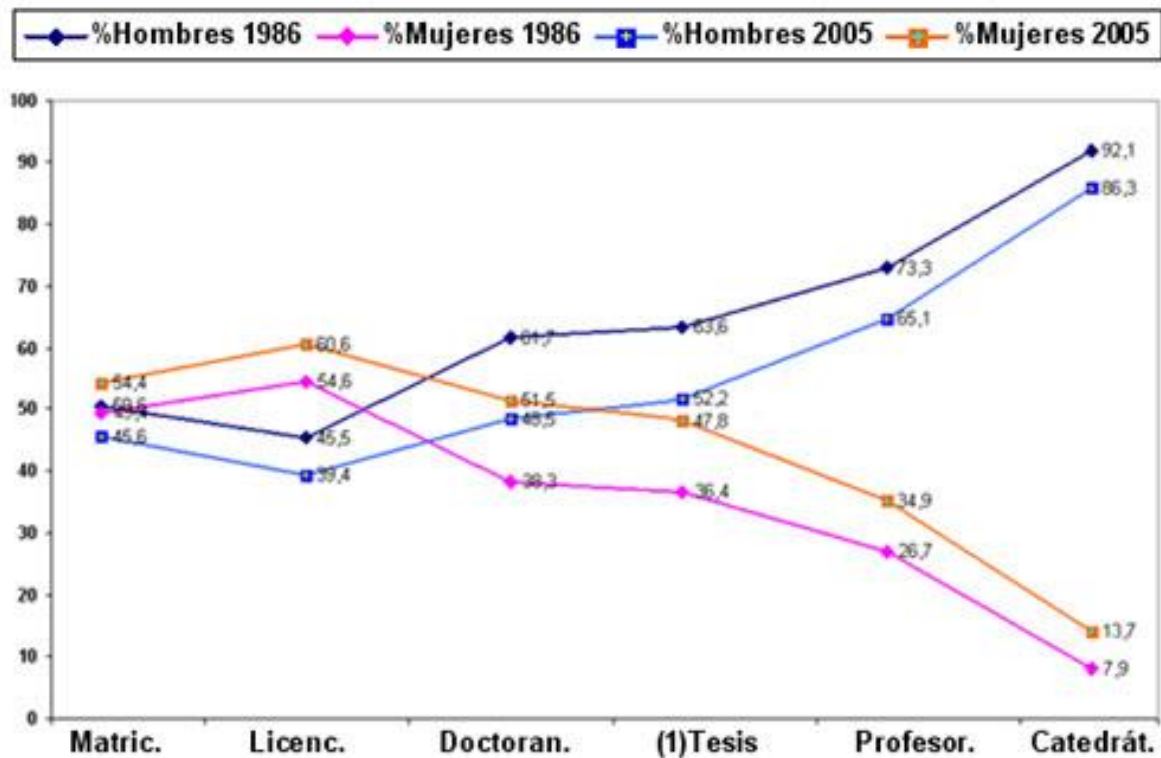


# I, naturalment, una qüestió de gènere: l'efecte Matilda (o “el sostre de vidre”)



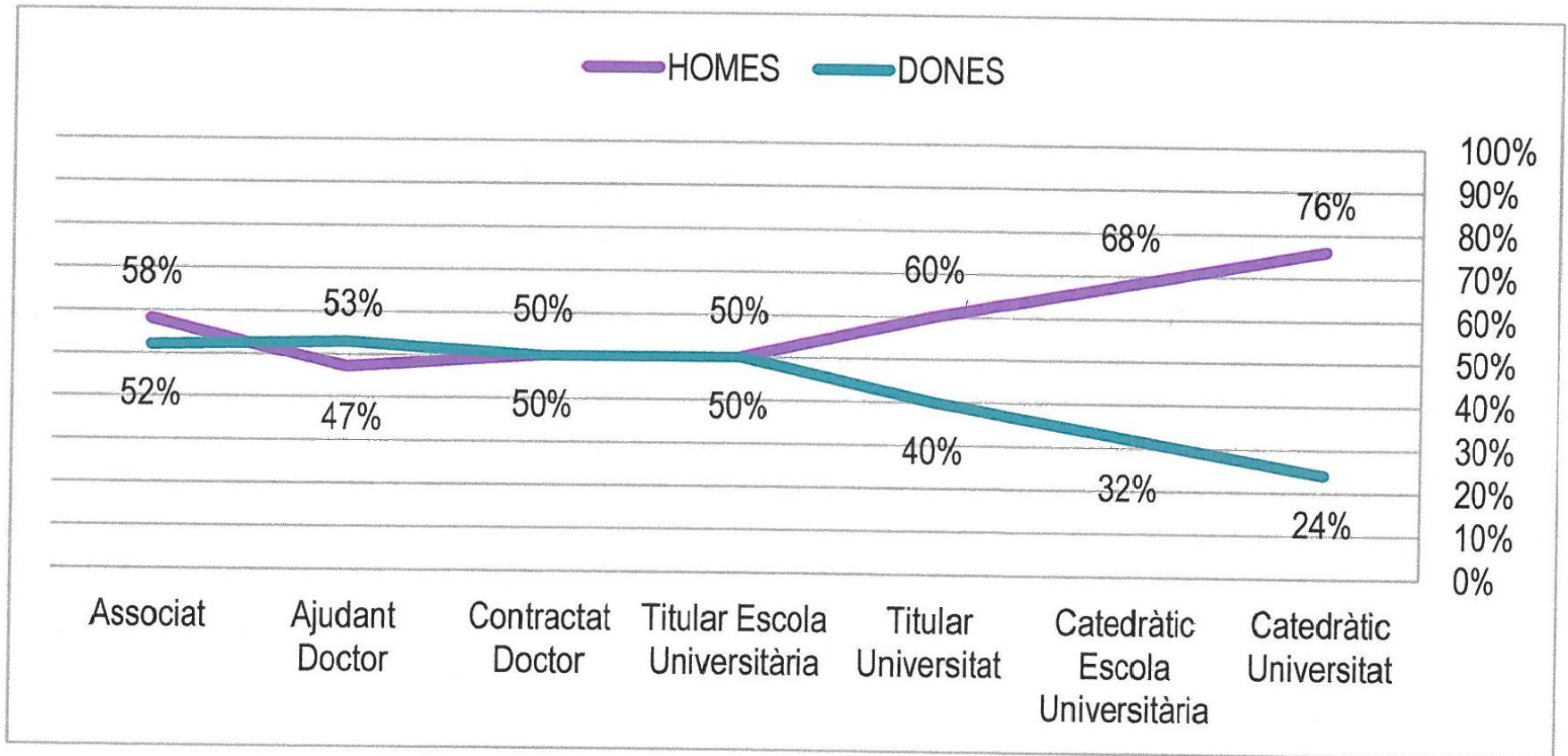
- Formulats per Margaret W. Rossiter: “The ~~Matthew~~ Matilda Effect in Science”, *Social Studies of Science*, 1993; 23: 325-341
  - + El *Dictionary of Scientific Biography* (1970-1980): de 2.000 articles biogràfics, només n’hi ha 20 dedicats a dones científiques.
  - + En les parelles home-dona, ella rep menys crèdit (a més de la pèrdua del cognom en casar-se).
- Rossiter proposà l’expressió “Efecte Matilda” inspirant-se en la sufragista americana Matilda J. Gage (1826-1898), autora d’un llibre titulat *Woman as Inventor* (1870).
- L’efecte Matilda és també conegut per l’expressió “el sostre de vidre”, que es reflecteix en el diagrama de “la tisora”.

### Distribución de mujeres y hombres a lo largo de la carrera académica (1986-2005)



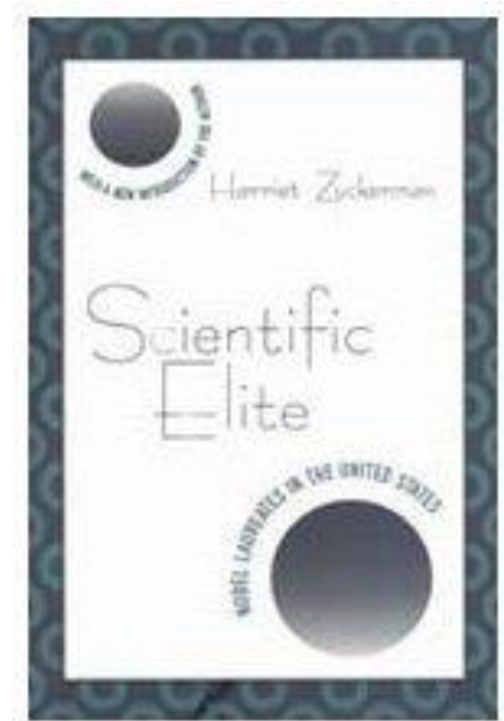


**Gràfic 3.2.3.4** Diagrama de tisesores segons categories professionals del PDI (%).  
Universitat de València. Any 2011.



Font: Servei d'Anàlisi i Planificació. Universitat de València. Elaboració pròpia.

“This paper develops a conception of ways in which certain psychosocial processes affect the allocation of rewards to scientists for their contributions --an allocation which in turn affects the flow of ideas and findings through the communication networks of science. The conception is based upon an analysis of the composite of experience reported in Harriet Zuckerman’s interviews with Nobel laureates in the United States (1) and upon data drawn from the diaries, letters, note books, scientific papers, and biographies of other scientists”



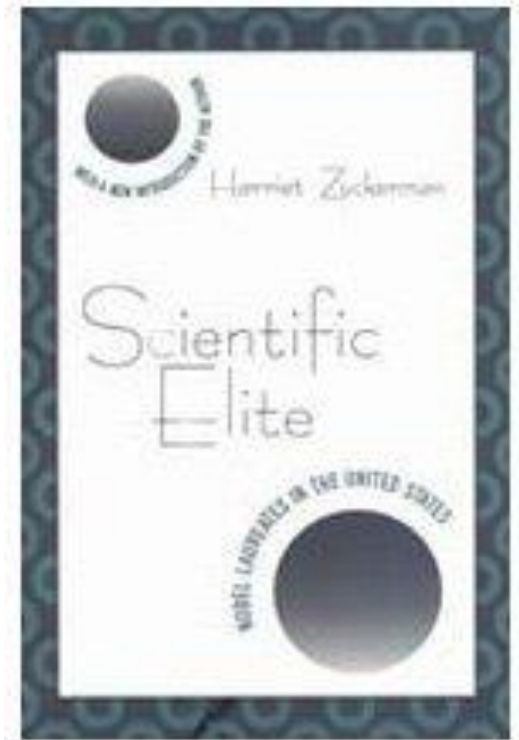
Merton, R. “The Matthew Effect” *Science* **1968**; 159: 56-63.

(1) The author [R. Merton] is Giddings Professor of Sociology at Columbia University, New York. This article is based on a paper read before The American Sociological Association in San Francisco, August 1967.

“Harriet Zuckerman, “Nobel Laureates: Sociological Studies of Scientific Collaboration” (Ph.D. diss., Columbia Univ., 1965). (...)

“This is occasion for repeating what I have noted in reprinting the original “Matthew Effect in Science”: “It is now [1973] belatedly evident to me that I drew upon the interview and other materials of the Zuckerman study to such an extent that, clearly, *the paper should have appeared under joint authorship.*” A sufficient sense of distributive and commutative justice requires one to recognize, however belatedly, that to write a scientific or scholarly paper is not necessarily sufficient grounds for designating oneself as its sole author”

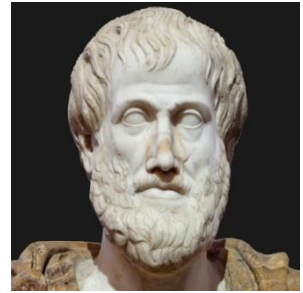
Merton, R. “The Matthew Effect in Science, II. Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property.” *ISIS*, 79: 606-623, 1988.



## En suma, l'efecte Mateu...

- És una de les aportacions més populars atribuïdes a Robert Merton.
- Apareix enunciat en un article publicat per R. Merton en la revista *Science* en 1968 a partir de les dades (la tesi) de H. Zuckermann.
- Ha estat adoptat per altres camps, com ara el de l'educació i la pedagogia.
- Ha estat adaptat al cas de les dones (efecte Matilda o sostre de vidre).
- És consubstancial a l'estructura normativa de la ciència?

## Aristòtil i els rols de gènere



- Seguint la doctrina dels quatre elements (aire, aigua, foc i terra) i en sintonia amb la medicina hipocràtica, defensa l'existència de quatre humors: sang, flegma, bilis (còlera) i bilis negra (melancolia).
- Segons la doctrina humoral, l'home és de complexió calenta i seca, mentre que la dona és freda i humida.
- Conceptualitza i dicotomitza el gènere (masculí / femení), establint les categories antitètiques d'“home” i de “dona”.
- Naturalitza els rols diferenciats d'homes i de dones en la *polis*: exclou les dones de l'espai públic (*àgora*).





Roberto Nóvoa Santos  
1885-1933

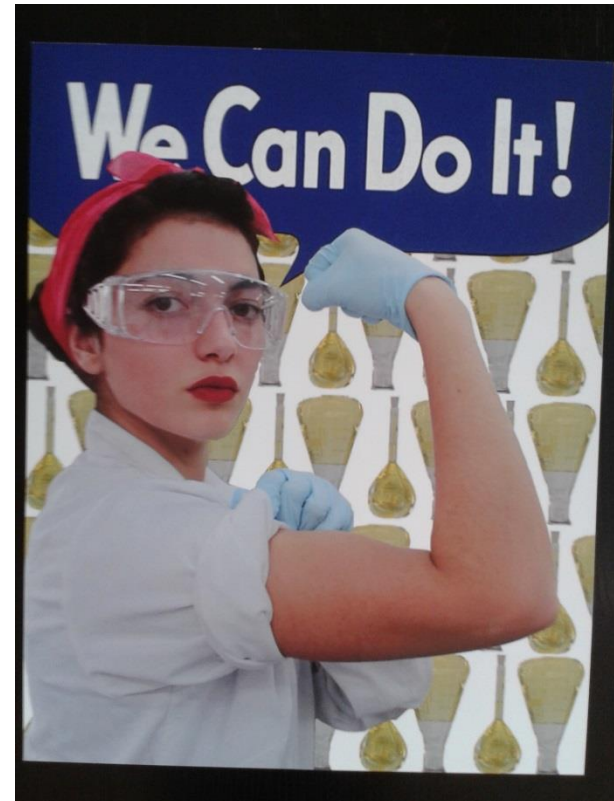
Nóvoa Santos, Roberto

La indigencia espiritual del sexo femenino: las pruebas anatómicas, fisiológicas y psicológicas de la pobreza mental de la mujer, su explicación biológica.

Valencia: F. Sempere, [1908?]



"Rosie the riveter"  
Westinghouse, 1943



Carla Ruiz González  
Consciencia't: dones que volen fer ciència  
Facultat de Farmàcia (Universitat de València, 2015)

## Lectures recomanades:

Merton, R. "The Matthew Effect." *Science* 1968; 159: 56-63.

Merton, R. "The Matthew Effect in Science, II. Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property." *ISIS*, 1988; 79: 606-623.

Rossiter. M.W. "The ~~Matthew~~ Matilda Effect in Science.", *Social Studies of Science*, 1993; 23: 325-341.





## 23. La retòrica de la ciència: Marie Curie





ISSN 1157-4887

# LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

LES PIONNIERS FONDATEURS DE LA SCIENCE

HORS SÉRIE - N°24 - DÉCEMBRE 1994 - 32 F. - 230 FB. - 10,30 FS. - PORTUGAL CONT 850 Esc. - 50 Dh. - 3.600 DT. - \$CAN 5.50. Réunion, Antilles, Guyane - 38F



## MARIE CURIE

*Sa découverte de  
la radioactivité  
lui valut deux  
prix Nobel...  
Une vie faite  
de drames et de  
passions, de  
scandales et  
de gloire...*

T 2281 - 24 - 32,00 F-RD









# Le Petit Parisien

PARIS  
Le Petit Parisien  
UN JOURNAL  
à cinq centimes  
PARIS  
12, boulevard des Capucines  
& succursales

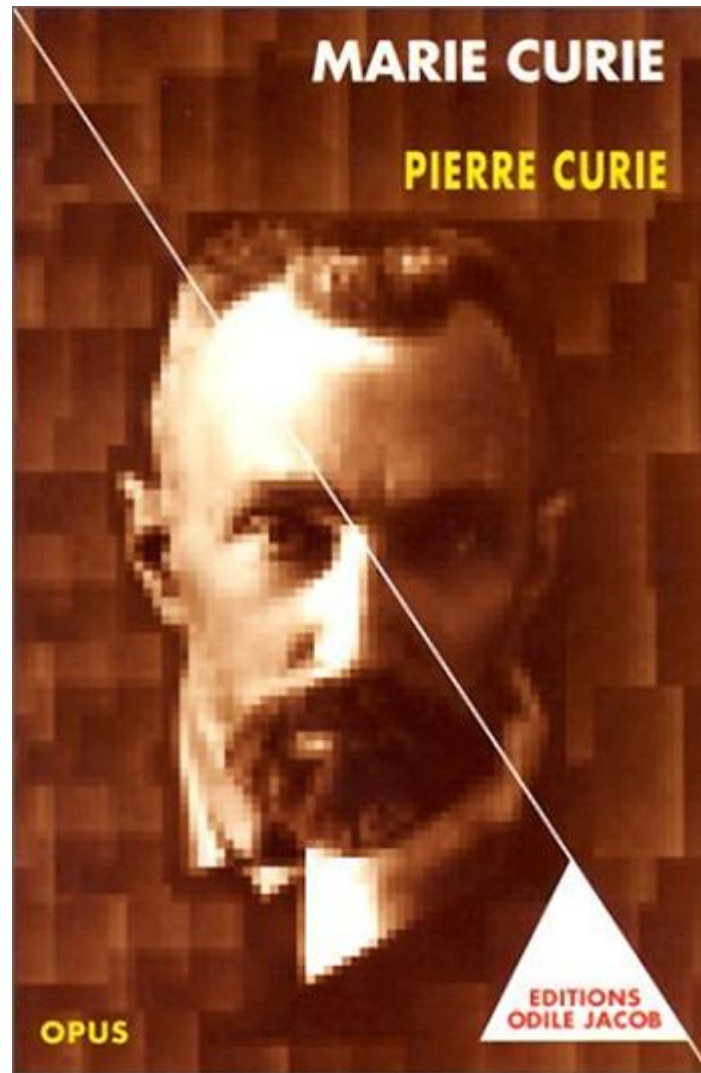
SUPPLÉMENT LITTÉRAIRE ILLUSTRÉ

DIRECTION : 18, rue d'Enghien (10<sup>e</sup>), PARIS

ABONNEMENTS  
PARIS  
BUREAU DE L'ADMINISTRATION  
12, boulevard des Capucines, 12  
ANNÉE 1904  
N° 719, 10 JANVIER 1904



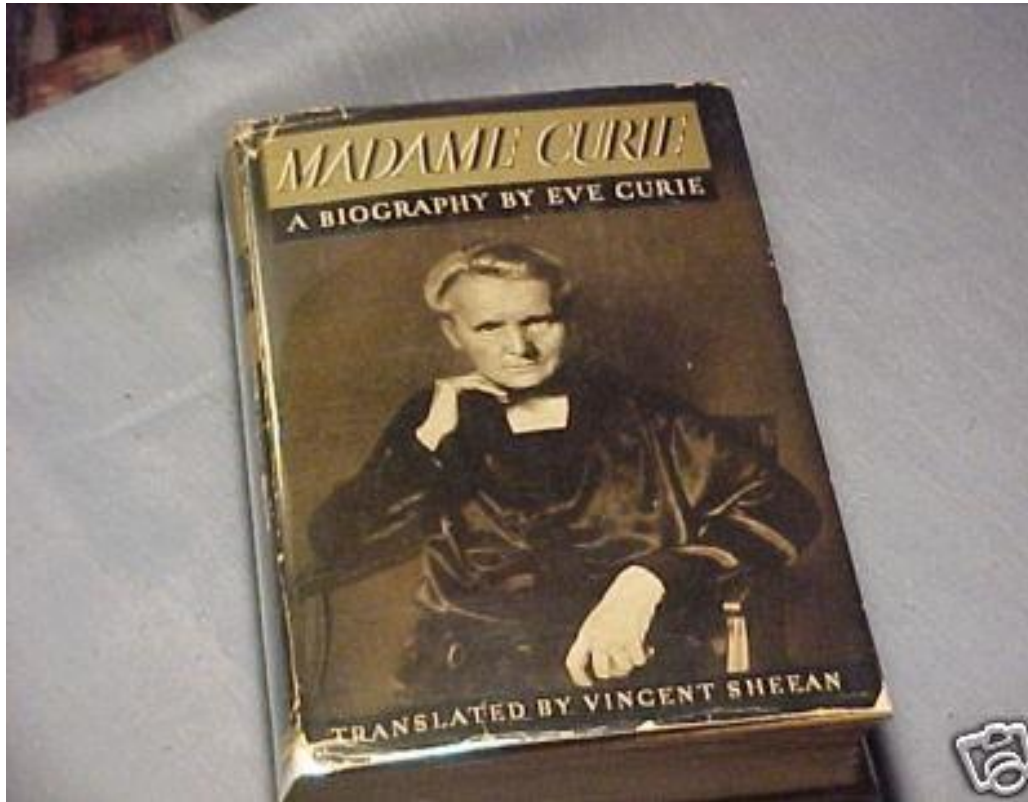
UNE NOUVELLE DÉCOUVERTE. — LE RADIUM  
M. ET M<sup>me</sup> CURIE DANS LEUR LABORATOIRE



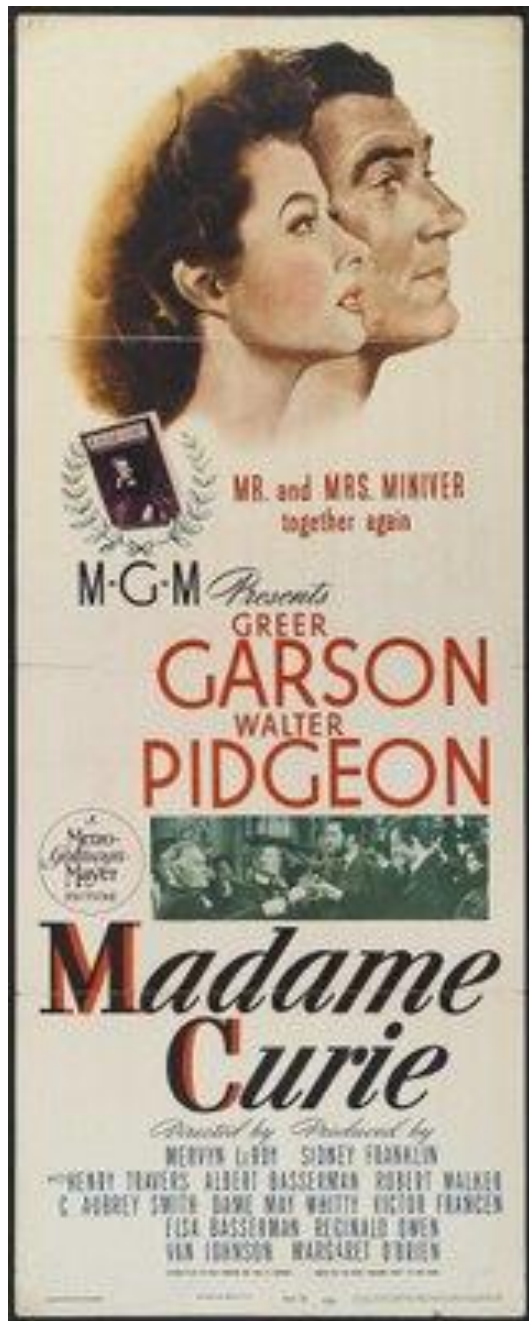
Marie Curie, *Pierre Curie* (Payot, 1923),  
inclou *Notes autobiographiques*



Ève Curie, *Madame Curie* (Gallimard, 1938)







## La retòrica de la ciència



1. La imatge tradicional de Mme. Curie (1867-1934)
2. Més enllà de la imatge tradicional

- 1867: Maria Skłodowska naix a Varsòvia.
- 1893: Es llicencia en física (1893) a la Sorbona.
- 1894: Es llicencia en matemàtiques.
- 1894: La Universitat de Cracòvia li denega una plaça d'ensenyant.
- 1895: Es casa amb Pierre Curie.
- 1897: Naix la seua filla Irène (futura premi Nobel).
- 1898: Descobreix el poloni i, amb Pierre, el radi.
- 1902: Marie i Pierre aïllen el clorur de radi (0.1 g).
- 1903: Tesi doctoral sota la direcció d'Henri Becquerel.
- 1903: Concessió del premi Nobel a Becquerel, Pierre i Marie.
- 1906: Mort de Pierre al carrer atropellat per un carruatge.



Marie Curie  
(1867-1934)



Pierre Curie  
(1859-1906)

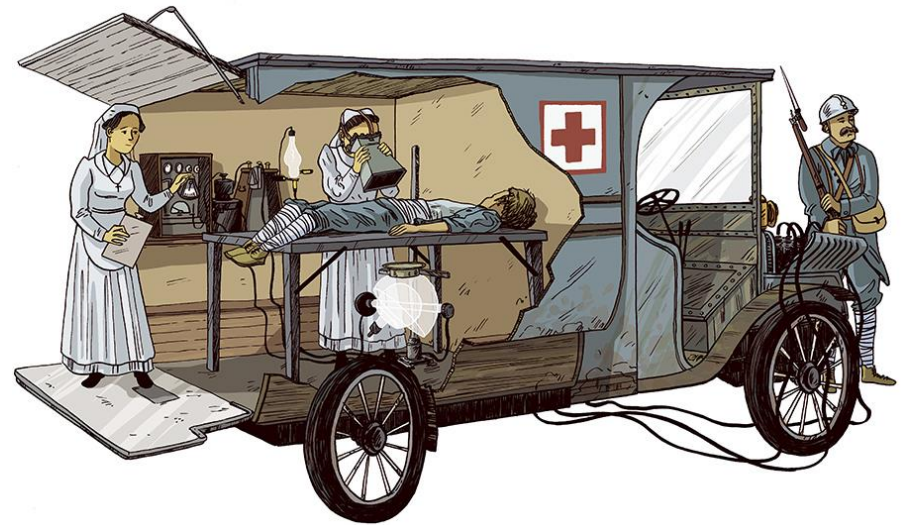
- 1906: "A tu Pierre, a qui mai més tornaré a veure." (diari)  
Ella es fa càrrec de les classes que impartia Pierre i el seu sogre es fa càrrec de la criança de les seues filles.
- 1910: Aïlla 1g de radi pur i patentava la tècnica per a la humanitat.
- 1911: Premi Nobel en Química.
- 1914: Inauguració de l'Institut del Radi (lluita contra el càncer) ambulàncies radiològiques ("petites Curies") al front.
- 1921: Viatja als Estats Units (Pittsburgh) per a adquirir 1g de radi; col·lecta entre les dones per a aconseguir 100.000 dòlars.
- 1923: Escrivia la biografia de Pierre Curie.
- 1929: Dona 1g de radi a la Universitat de Varsòvia.
- 1934: Mor de leucèmia per exposició continuada a la radioactivitat.



Marie Curie  
(1867-1934)



## Unitats radiològiques en la I Guerra Mundial (petites Curies)



# Marie Curie (1867–1934)



1867

1895

1906

1918

1934

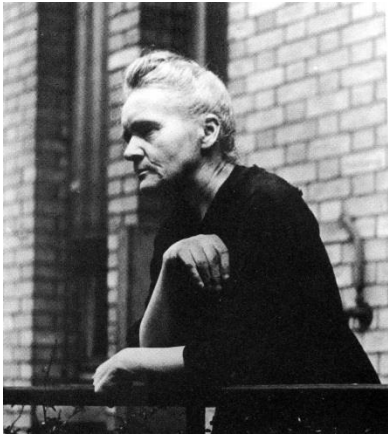


28

39

51

66



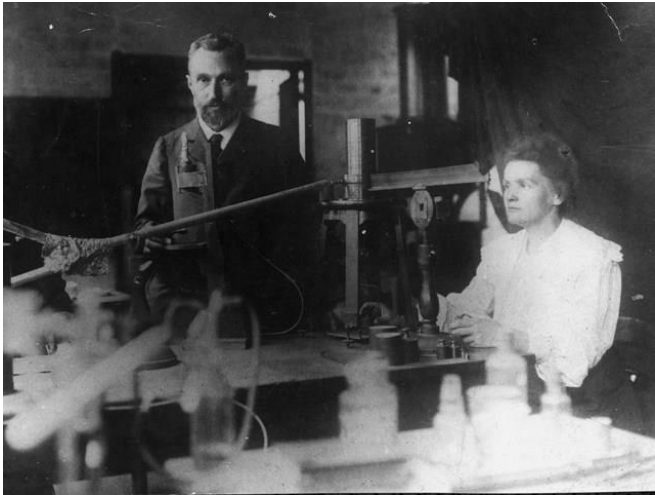
## Les "sagrades estances"



“El laboratori era per a [Pierre] Curie un lloc únic per al treball i la meditació, aïllat del món... comparable a un convent.”

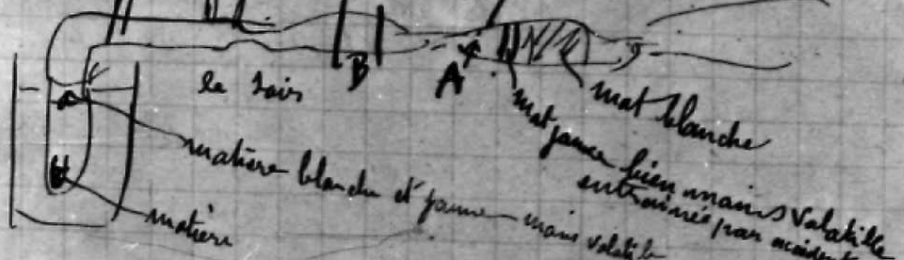
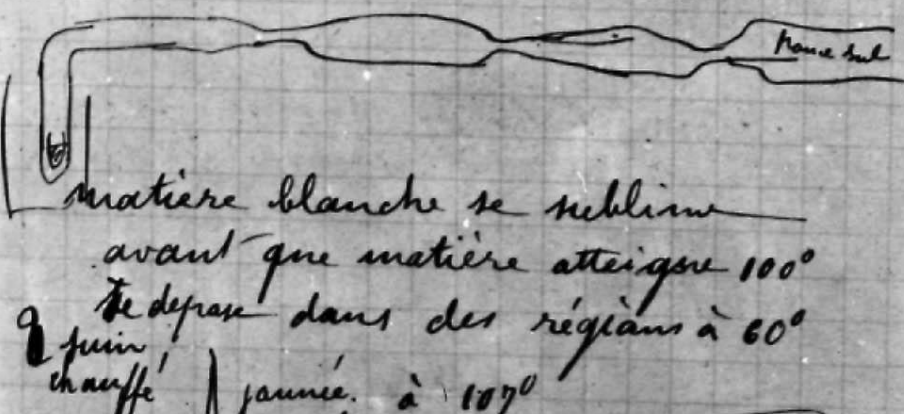
“l’atmosfera de pau i de recolliment que ha d’embolcallar un vertader laboratori...”

Marie Curie, [Biografia de] *Pierre Curie*, 1923





Sublimation des 0,95 de matière  
tube à compartiments - Side pompe



2<sup>e</sup> juin (2<sup>e</sup> k) tension sup ? > 2,8 Hg  
pour 2 div. jaun.

chauffe tout le jour  
4<sup>e</sup> juin chauffe 150° en A  
+ 180° en B  
5<sup>e</sup> juin 200° tout en A | matière cristalline incolore  
pas trace de matière  
ensuite matière blanche opalescente

4. Juin.

La matière II a été, partie soluble dans l'eau a été précipitée par H<sub>2</sub>S. Les sulfures sont un mélange de noir et brun, sulfures II sulfures II plateau 4 cm.  
1000 - 10"  
2000 - 20"  $i_4 = 100 = 35 \text{ Ubr.}$

5. Juin

Mouvement spontané  
20 - 29"  
Matière III a résidu de l'attaque  
100 - 18"  
200 - 37"  $i_8 = 5.4 = 0.54 \text{ Ubr.}$

Le matière I chlorures jaunies dilués sentent sont additionnés de HCl et d'eau. Il faille la solution jaune. Cette solution se trouble en blanc par addition d'eau. Le trouble disparaît par addition de HCl



## La imatge tradicional de Mme. Curie

- Èpica (penoses condicions de treball).
- Tràgica (mort de Pierre Curie en 1906).
- Heroica (contra totes les adversitats):
  - + continuà investigant;
  - + s'incorporà a la docència;
  - + educà les seues filles;
  - + guanyà un segon premi Nobel.



Exemple d'una vida consagrada a la “ciència pura”.



- Encarnació del “ethos” científic ideal, caracteritzat per:
  - + la dedicació al laboratori
  - + el rigor metodològic
  - + l’amor a la humanitat
  
- La seua missió en la vida seria crear **coneixement pur**:
  - + difondre’l per mitjà de la comunicació científica
  - + transmetre’l per mitjà de l’ensenyament

## Reflexió retrospectiva sobre el valor del descobriment



“El preu del radi és molt alt... i els beneficis generats per la seua fabricació han estat molt grans, perquè el radi s'utilitza en el tractament de diverses malalties. Per tant, hem sacrificat una fortuna en renunciar a explotar el nostre descobriment, una fortuna que podíem haver llegat a les nostres filles.

El que és més important... si haguérem garantit els nostres drets, hauríem disposat dels recursos financers necessaris per a fundar un institut del radi satisfactori, sense patir cap de les dificultats que tant ens preocuparen a tots dos i que encara em preocupen. Malgrat tot, crec que vam fer el que havíem de fer”.

Marie Curie, *Notes autobiogràfiques* (1923)



## 2. Més enllà de la imatge tradicional



- Molt més complexa i, fins i tot, ambivalent.

+ Plenament **conscient** de:

- ✓ el significat social de la ciència
- ✓ el paper global de la radioactivitat
- ✓ les relacions entre la investigació i la indústria

+ Figura pública d'una **dona emprenedora** capaç de:

- ✓ reclamar el seu protagonisme com a autora (reconeixement)
- ✓ promoure la ciència davant totes les instàncies
- ✓ aconseguir el suport social a la investigació científica
- ✓ mobilitzar recursos privats i públics (l'Estat)
- ✓ assessorar la indústria del radi a França i altres països





Mme. Curie visitant la Standard Chemical Company  
(Pittsburgh, PA, 1921)



## Reflexió retrospectiva sobre el valor del descobriment

“He sabut que alguns membres de la Société [pour l’encouragement de l’industrie nationale] consideren que no correspon a aquesta societat subvencionar treballs que, com el nostre, són de caràcter científic i no industrial. Per a justificar la subvenció cal que indique les aplicacions industrials probables. Però no puc garantir que hi haja cap aplicació ni que tinga possibilitats d’èxit.”

Pierre Curie a Becquerel (gener de 1900)



- En 1899, començà la col·laboració amb la Société Centrale des Produits Chimiques, que transformaria les tècniques del seu laboratori en processos industrials.
- Des de 1904, col·laborà amb l'industrial Armet de Lisle.
- Un dels membres del seu laboratori, Jacques Danné, seria director de la revista *Le Radium* i fundador d'una empresa d'instruments científics.
- En 1909, a instàncies de Mme. Curie, l'Institut Pasteur i la Sorbona acorden la fundació de l'Institut du Radium de París (el laboratori de radioactivitat més ben dotat del món).
- En 1920, creació de la Fondation Curie, origen de l'Institut Curie.
- Marie Curie, una figura de la Big Science?

## **Lectures recomanades:**

Curie, M., *Pierre Curie. Estimat Pierre, a qui mai més no tornaré a veure (Diari 1906-1907)*. Edició a cura de Xavier Roqué. Santa Coloma de Queralt, Obrador Edèndum / URV, 2009.

Curie, M. *Estudios biográficos*. Selección y prólogo de Xavier Roqué. Barcelona, Universitat Autònoma, 2011.



## 24. La tecnociència



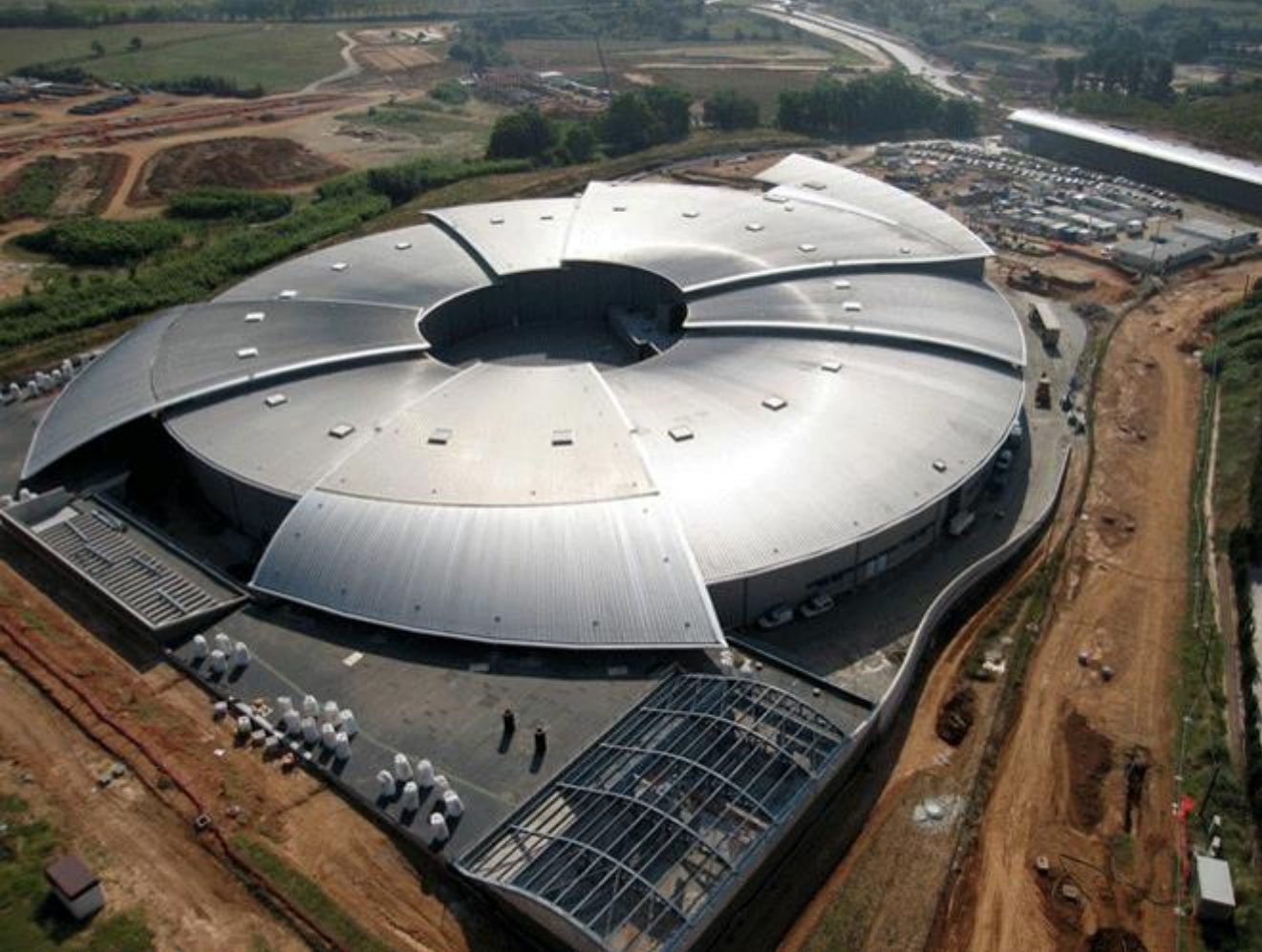
VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Història de la Ciència

**Biologia, Universitat i Societat (Història de la Biologia)**

Grau en Biologia





Sincrotró ALBA

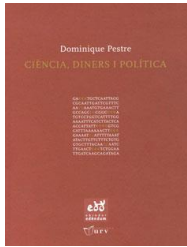
Cerdanyola del Vallès

Inauguració de "la instal·lació científica més formidable d'Espanya"

*La Vanguardia*, 23 de març del 2010

## La tecnociència

1. La ciència com a “règim de sabers”
2. El naixement de la tecnociència
3. L’aparició de la “Big Science”
  - la ciència a gran escala
  - el model: el projecte Manhattan



# 1. La ciència com a “règim de sabers”

## Dominique Pestre

Director del Centre Alexandre Koyré (París), associat al Centre de Recherche en Histoire des Sciences et des Techniques (CNRS)

Autor dels llibres següents:

*Physique et physiciens en France* (1984)

*History of CERN. Launching the European Organization for Nuclear Research* (1987)

***Science, argent et politique*** (2003)

*Historical Perspectives on Sciences, Society and the Political* (2007)

## La noció de “ciència pura”

- La ciència pura és una abstracció:
  - + No existeix com a una entitat immutable i neutra.
  - + No té credibilitat històrica.
  - + La ciència no respon a un programa unitari, ni sorgeix d'una sola font, ni és fruit d'una decisió presa per una assemblea de savis.
- En el decurs de la història:
  - + Han existit moltes i diferents maneres de produir coneixements.
  - + Han coexistit entre si.
  - + S'han reestructurat successivament.

## Sistema de producció de coneixements

- Dominique Pestre proposa:

+ Abandonar la noció idealista de “ciència pura”.

+ Entendre la ciència com un “règim de sabers” (un sistema de producció de coneixements) que inclou pràctiques discursives i instrumentals, valors, normes, institucions, etc., i a més:

- ✓ no necessàriament és homogeni;
- ✓ es desenvolupa dins i fora de l'acadèmia (universitats i centres d'investigació);
- ✓ s'ajusta a les realitats socials, polítiques, econòmiques, etc. (apropiacions múltiples);
- ✓ té articulacions diverses al llarg de la història.



## Orígens de la ciència moderna

- Segons Dominique Pestre, el món universitari estableix des dels seus orígens en la baixa edat mitjana les normes que distingeixen el coneixement autoritzat (ortodòxia) d'aquell altre que no ho és.

- Durant la **Revolució Científica** el món universitari fou “colonitzat” per noves formes de produir coneixements:

- ✓ Es modificà el debat entre els filòsofs naturals.
  - + S'abandonà el principi d'autoritat com a font principal del saber.
  - + Se substituí pel testimoniatge (observació i descripció) dels fets.
- ✓ S'habilitaren nous espais:
  - + per al treball (laboratoris)
  - + per a la discussió (seminaris)

- En la producció de coneixements participen:

+ les universitats i les agències de recerca

+ l'aparell de l'Estat amb les seues polítiques científiques

+ els laboratoris i els observatoris

+ els tallers d'arquitectura i enginyeria

+ les empreses de tots els sectors (inclòs el terciari)

+ les indústries de guerra i les agències espacials

+ les societats científiques i les associacions professionals

+ els hospitals i la indústria biomèdica i alimentària

+ les expedicions científiques

- La ciència moderna seria el **resultat de la confluència de múltiples centres de producció, intercanvi i consum de sabers** entre científics professionals, enginyers i tècnics de diverses categories.

## 2. El naixement de la tecnociència

- És un dels fenòmens més notables al món contemporani. Suposa:
  - + la confluència de la ciència amb la tecnologia, la indústria i l'Estat
  - + la professionalització de l'activitat científica
  - + la participació d'universitats i instituts d'investigació
  - + l'aparició i el desenvolupament d'una indústria
    - ✓ de fabricació en sèrie
    - ✓ basada en els coneixements derivats de les ciències bàsiques
  - + la fundació de noves institucions (laboratoris industrials)
  - + l'estandardització de les unitats de mesura
  - + la creació de laboratoris de metrologia, assajos i certificació
  - + la fundació d'agències estatals de recerca

## Creació d'agències nacionals d'investigació:

- Són finançades per l'Estat.
- Agrupen instituts i centres d'investigació anteriors.
- Funden altres centres nous.

## Alemanya:

- KWG (Kaiser Wilhelm Gesellschaft, 1911-1945)
- **Max Planck** Gesellschaft (1946-)

## Regne Unit:

- Medical Research Council (1913-)
- DSIR (Department of Scientific and Industrial Research, 1915-)

## França:

- Caisse Nationale des Sciences (1930-1939)
- **CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique, 1939-)**

## Creació de l'agència europea d'investigació (2007)

<http://erc.europa.eu/>



**European Research Council**

Established by  
the European Commission





La Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas  
(1907)



Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
(Madrid, 1940)

### 3. L'aparició de la Big Science

- Després de la Segona Guerra Mundial, en els anys de la “Guerra Freda”, es començà a utilitzar l'expressió “Big Science” per a referir-se a la ciència a gran escala:

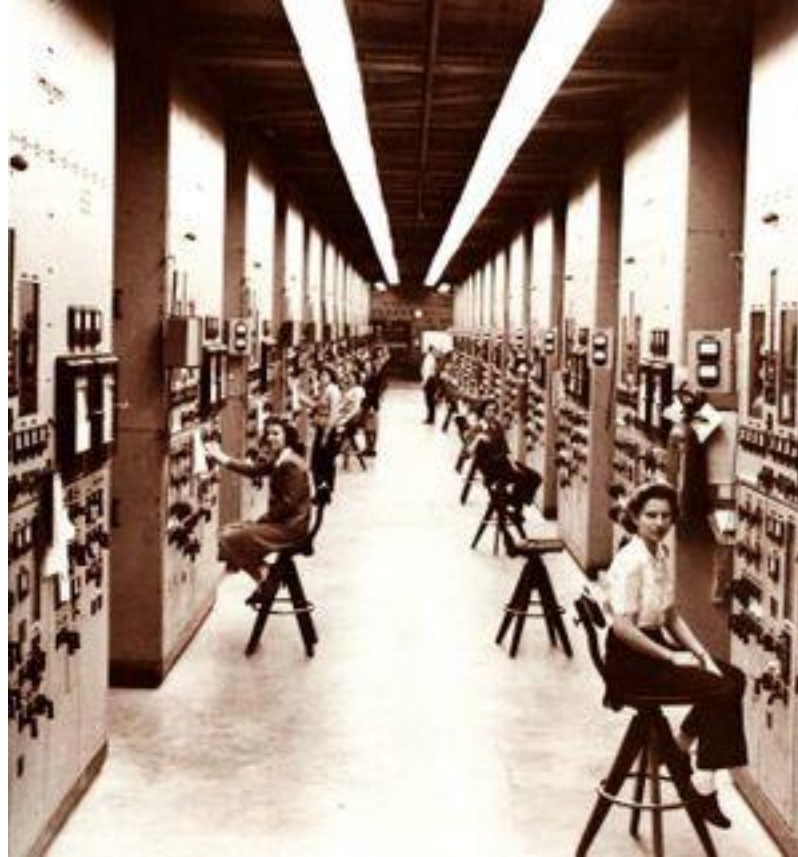
- + grans projectes d'investigació
- + grans pressupostos a càrrec de l'Estat
- + grans contingents de tècnics (enginyers, científics, tècnics, etc.)
- + grans talents (premis Nobel)
- + grans instal·lacions, laboratoris, màquines, etc.



LINAC (1957):  
primer accelerador lineal  
de partícules del CERN

## - El model: el projecte Manhattan

- + Objectiu: producció de la bomba atòmica, durant la II Guerra Mundial, arran de l'atac japonès a Pearl Harbor.
- + Projecte alhora civil i militar dels EUA, comptà amb la col·laboració del Canadà i el Regne Unit.
- + Participació de nombrosos centres de recerca (Laboratori de Los Álamos), incloses algunes de les més prestigioses universitats nord-americanes (U. de Califòrnia, U. de Chicago, U. de Colúmbia).
- + Participació de milers de científics (Oppenheimer, Fermi), enginyers, tècnics i operaris de tota mena.
- + Culminà amb el llançament, en agost de 1945, de la bomba atòmica sobre Hiroshima (Little Boy) i Nagasaki (Fat Man).



Projecte Manhattan: centre de càlcul X (Tennessee)



- En la Guerra Freda (1945-1989):

+ confrontació entre els dos blocs (capitalista i comunista)

+ lideratge dels EUA i de l'URSS

+ política de dissuasió i alhora de persuasió sobre l'energia atòmica:

✓ equilibri del terror

✓ programa “àtoms per la pau” (Eisenhower, 1953): l'ús de l'energia nuclear amb fins pacífics

+ carrera armamentista:

✓ desenvolupament d'armes no convencionals (bomba atòmica)

✓ secretisme i rivalitat entre les superpotències

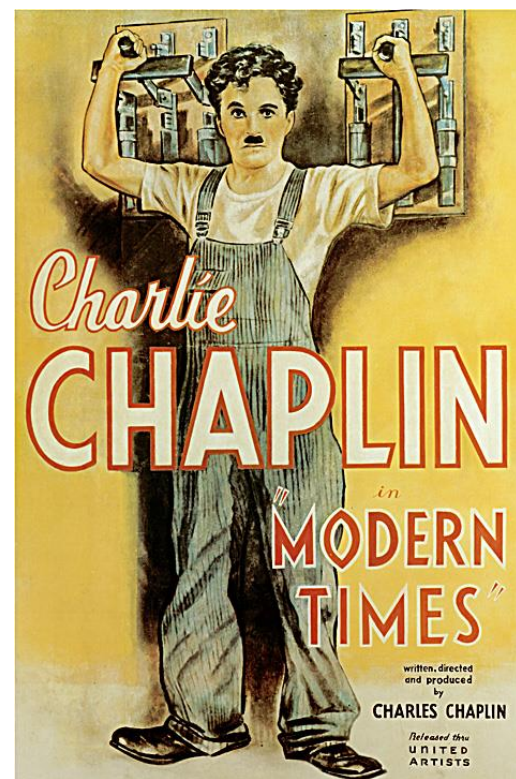
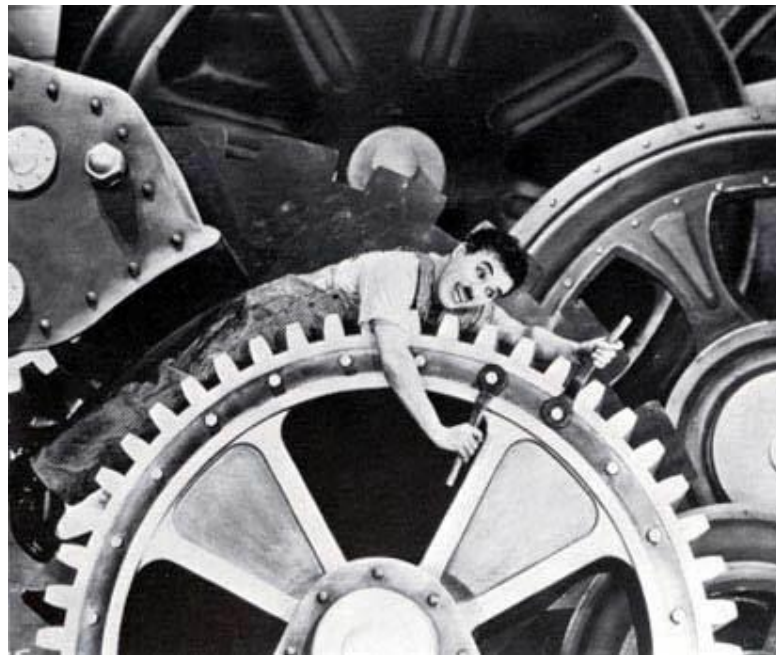
+ carrera espacial (1957-1975):

✓ projectes russos (Sputnik, Vostok, Soyuz, etc.)

✓ projectes nord-americans (Explorer, Apollo, Discovery, etc.)



Construcció de l'Atomium  
Exposició Universal (Brussel·les, 1958)



**Lectures recomanades:**

Fara, P., “Decisiones.” *Breve historia de la ciencia*, 2009, pp. 457-468.

Ortega y Gasset, J. *Meditación de la técnica*, Madrid, Alianza, 1982.

Pestre, D., *Ciència, diners i política*, Santa Coloma de Queralt, Obrador Edèndum, 2008, p. 38-43, 45-80.