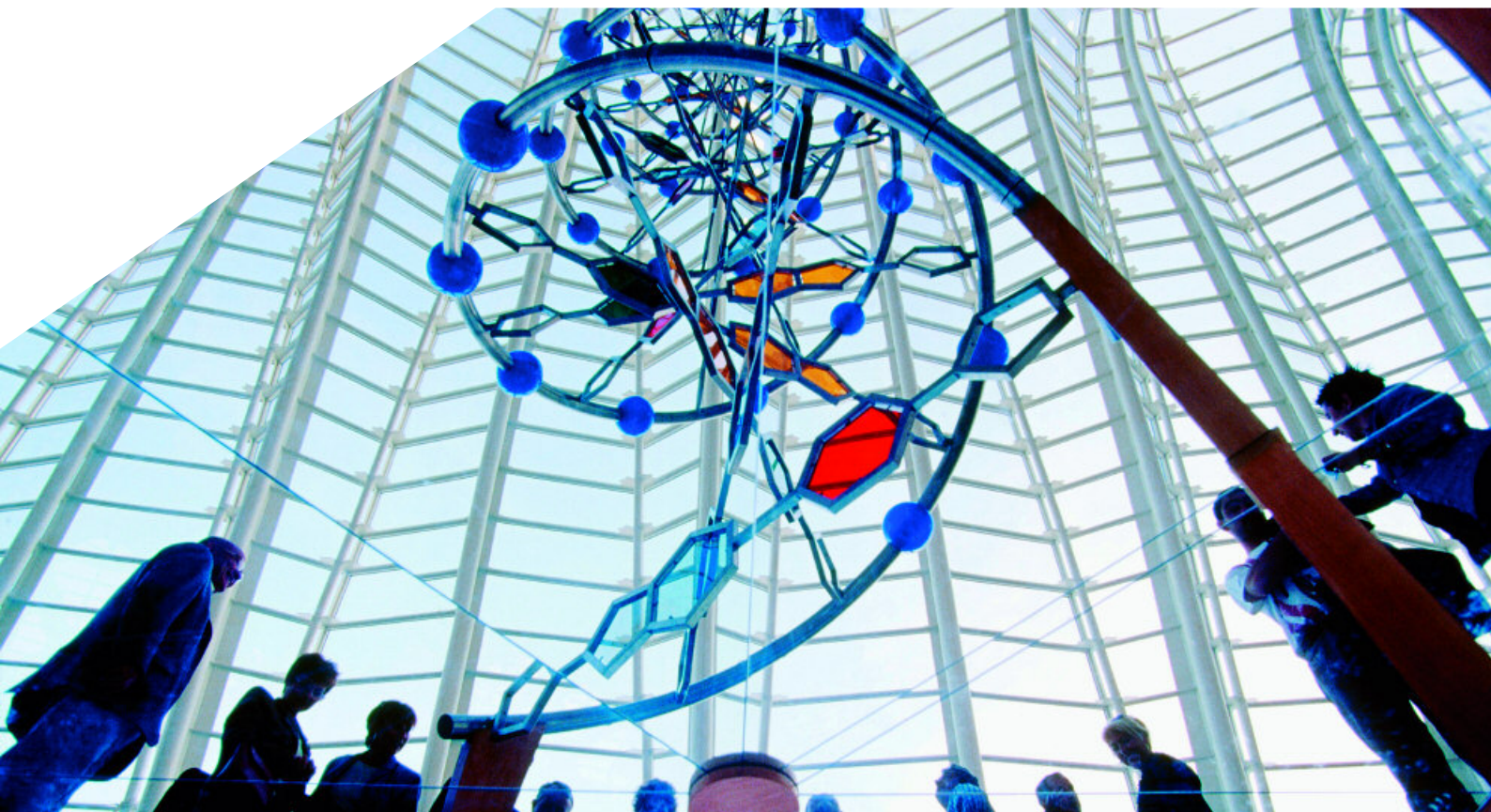


1

La ciència i la societat

Al llarg de la història, s'ha dividit el coneixement humà en les anomenades dues cultures: la humanística i la científica. La idea que la cultura fa referència només a la literatura, la filosofia, la història, l'art, etc., fa que la ciència aparegui com una activitat que produeix un coneixement diferent o separat de la cultura. Un ciutadà del segle XXI no pot prescindir dels coneixements científics per opinar sobre decisions importants que l'afecten i participar-hi.

En aquesta unitat s'explica que la ciència és un conjunt de coneixements i una manera d'intentar saber més coses. La ciència moderna s'inicia en el Renaixement, quan es comença a superar la limitació que va comportar assumir que la veritat es localitzava exclusivament en els textos clàssics i en les creences religioses; però en els segles XVIII i XIX és quan es desenvolupa com a forma de conèixer per mitjà de la comprovació de fets o dades observades.



1 Els mètodes de la ciència

Com es contrasten hipòtesis

La contrastació d'hipòtesis amb la realitat pot fer-se de diverses maneres: mitjançant experiments, és a dir, sotmetent el fenomen a observació en unes condicions concretes que siguin reproduïbles per qualsevol que disposi dels mitjans adequats i clarament definits.

També és possible demostrar una hipòtesi a partir d'observacions dels fets succeïts. Això passa sobretot quan no és possible l'experimentació. Per exemple, no es poden fer experiments amb éssers humans si en surten perjudicats o se'n vulnereu els drets.

1.1. El treball científic

Encara que avui no s'accepti que existeix un mètode científic que practiquin els professionals de la ciència, com a recepta, sí que es poden considerar una sèrie de línies generals que caracteritzen el treball científic.

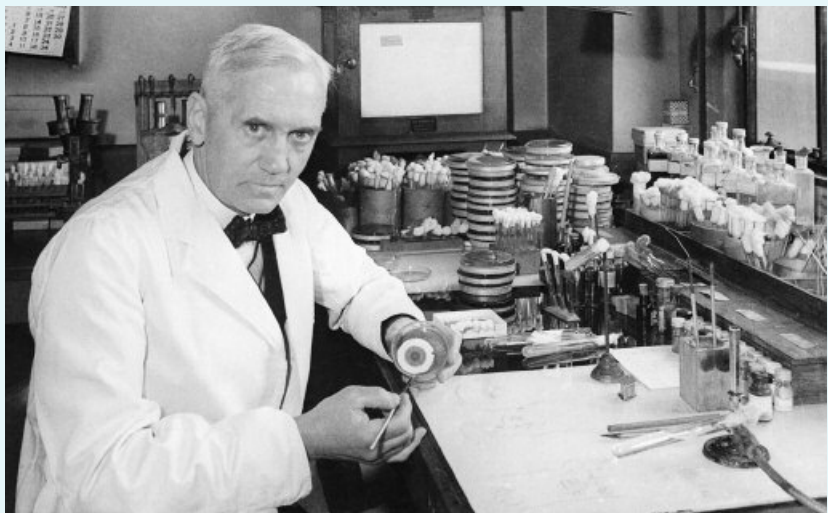
- 1. El plantejament de preguntes.** És molt important la pregunta que es fan els científics sobre la realitat. Resulta fonamental escollir la pregunta crucial. Moltes vegades, buscar els últims perquè condueix a carrers sense sortida. En canvi, si es pregunta com succeeixen els fenòmens, pot ser que s'obtinguin respostes més modestes però més útils en el sentit de conèixer-ne més coses.
- 2. La formulació d'hipòtesis.** Habitualment es parteix d'una idea o hipòtesi sobre com succeeixen els fenòmens naturals. Es té, d'aquesta manera, una explicació inventada, no en el buit, sinó basada en observacions o en les idees o certeses d'aquells que ja han estudiat el fenomen en qüestió. La formulació d'hipòtesis constitueix un moment clau en el coneixement científic i, sens dubte, un dels més creatius.
- 3. La contrastació d'hipòtesis.** Cal demostrar la idea o hipòtesi, perquè tingui validesa científica. En molts casos és possible fer experiments per comprovar hipòtesis que es dedueixen d'una altra de més general. El suport de la més general es va incrementant en funció de si es demostren les derivades. Així, el canvi evolutiu d'una determinada línia de descendència entre espècies pot contribuir a demostrar una hipòtesi més general sobre un determinat mecanisme d'evolució biològica. Aquest procediment condueix a la formulació de **teories**.
- 4. La formulació de grans hipòtesis o teories.** Les lleis generals de la naturalesa se solen formular com a grans teories. Engloben moltes hipòtesis que es dedueixen a partir d'aquestes; així es forma una espècie d'àrbre de coneixement que ha de ser coherent i demostrable.

La casualitat en la ciència: la serendipitat

La **serendipitat** és la facultat de fer descobriments afortunats i inesperats accidentalment.

Molts han estat els descobriments que s'han aconseguit d'aquesta manera. Un dels més coneguts és el de la penicil·lina, realitzat per FLEMING (en la fotografia).

En qualsevol cas, per fer un descobriment, l'investigador ha d'estar preparat, i ha de tenir un gran coneixement en el camp de la troballa i la capacitat per «veure allò que tots han vist i pensar allò que ningú no ha pensat». Pasteur afirmava: «En els camps de l'observació, la casualitat afavoreix tan sols les ments preparades».



1.2. Consideracions a l'hora de fer un treball

En cap cas, l'ordre de l'exposició no ha d'entendre's com una recepta seguida pels científics. Simplement es tracta d'un ordre lògic que contínuament s'inverteix en la realitat de la construcció científica. En aquest sentit convé tenir en compte els punts següents:

- 1. L'observació anterior a tota idea no és possible.** De la mateixa manera que hi veiem amb el cervell i no amb l'ull, no s'observa sense idees prèvies sobre el que s'ha observat. Les observacions són interpretades pel cervell en funció de la informació que aquest conté. Això explica que, en molts casos, fets ara evidents, en un altre temps van ser rebutjats perquè es consideraven impossibles. Hi ha nombrosos casos de «pioners» rebutjats en la seva època perquè mancaven les idees necessàries per entendre'ls.
- 2. Les observacions no condueixen per si soles a l'elaboració d'hipòtesis.** La inducció, mètode d'acumulació d'observacions de les quals naixien les idees, s'ha demostrat com un error. L'anomenat **inductivisme**, el corrent que defensa aquest argument, ha estat rebutjat.
- 3. Les teories no cal que es construeixin obligatòriament per acumulació d'hipòtesis.** El creixement continu i acumulatiu és una manera d'entendre la ciència com a procés lineal, que segueix un camí, que creix a poc a poc i sense sobresalts. La història de la ciència ha demostrat que es produeixen grans revolucions o canvis que descarten enormes quantitats de coneixement per un altre de nou que «trenca els esquemes» que es tenien.
- 4. El coneixement vigent no cal que sigui assumit obligatòriament sense més ni més.** La capacitat crítica és indispensable per conèixer i entendre el que passa. Així, qualsevol hipòtesi o experiment ha de poder ser comprovat una vegada i una altra per qualsevol que s'interessi pel tema en qüestió. La comunicació científica ha d'incloure totes les dades, aparells utilitzats, detalls, etc. Si no es reproduïx allò que algú en un moment determinat va fer, pot ser que l'error es mantingui i dificulti un coneixement cert.

Activitats

- 1 Existeix un mètode científic?
Raona-ho. Comenta les línies generals del treball dels científics.
- 2 Què és l'inductivisme?

Dependència de la ciència del context social i econòmic



Caldria implementar el triangle ciència-tecnologia-societat, perquè una societat científicament més alfabetitzada és més lliure i és menys manipulable, i perquè la ciència, per poder-se desenvolupar, necessitarà, cada vegada més, el suport ciutadà. La ciència necessita finançament econòmic. Tanmateix, si la pressió dels interessos econòmics impulsés el desenvolupament d'algunes investigacions o posés en perill l'objectivitat del científic, s'estaria fent una ciència al servei dels interessos del mercat.

1 En paraules del bioquímic espanyol Manuel Perucho: «La ciència ha deixat de ser una activitat privada per convertir-se en una funció social». Què et sembla que implicaria «fer una ciència al servei dels interessos del mercat»?

2 La construcció del coneixement científic

2.1. La veritat o la certesa de la ciència

La **filosofia de la ciència** intenta conèixer com es construeix el coneixement científic i si s'ajusta a la realitat.

Un dels científics i filòsofs que més han contribuït a reflexionar sobre la veracitat de la ciència és l'austríac **KARL POPPER**, que va concloure que, al llarg de la història, els errors científics han estat més nombrosos que no pas els encerts. Els seus plantejaments fonamentals són aquests:

- No hi ha sabers definitius, tan sols conjetures provisionals.
- La millor manera de tenir certesa en la ciència és intentar refutar qualsevol hipòtesi.
- Si es demostra la falsedat d'una hipòtesi, aquesta es desestimarà, si bé el procés acostarà una nova via a partir de la qual es pot tornar a intentar una alternativa més probable.
- Qualsevol hipòtesi ha de ser «falsable», és a dir, ha d'oferir la possibilitat de ser refutada. Si no s'aconsegueix demostrar que és falsa, es considerarà certa, si bé només provisionalment.

Tot i que pugui semblar que POPPER ofereix una visió molt negativa de la ciència, la veritat és que la seva intenció era consolidar-la més que no pas destruir-la. Va concloure que el mètode científic no és inductiu, sinó **hipoteticodeductiu**, que les hipòtesis han de ser sotmeses a crítica implacable i que els fenòmens només poden predir-se en termes de probabilitat.

La ciència a l'Estat espanyol

Espanya inverteix en investigació i desenvolupament un percentatge del PIB que és la meitat de la mitjana de la comunitat europea i menys d'un terç de la del Japó i els Estats Units; a més, un 33 % dels fons s'apliquen a la investigació i defensa militar. Així mateix, la contribució de les empreses és molt escassa. D'una part, a Espanya hi ha un fort biaix envers el desenvolupament tecnològic davant la investigació bàsica que és la base del progrés en tots els aspectes. Com és sabut, «no hi ha ciència aplicada si no hi ha ciència per aplicar».

1 Què és el PIB?

2 El Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) és l'organisme públic de recerca més important a Espanya. Participa activament en la política científica de totes les comunitats autònomes mitjançant els seus centres. Busca informació sobre els centres que hi ha a Catalunya adscrits al CSIC i indica a quines activitats científiques es dediquen.



2.2. L'aplicació perversa de la ciència

Si bé és objectiu acceptar les aportacions de la ciència i la tecnologia al progrés i benestar de la humanitat, la història de la ciència presenta també exemples d'aplicacions de la ciència nocives o tràgiques per als éssers humans, tant intencionades com no intencionades. La tecnologia de guerra, la guerra biològica, l'energia nuclear, els pesticides, molts medicaments, els aerosols, la manipulació genètica, el perill de la clonació humana, etc., han estat (o són potencialment) nocius per a la humanitat i la resta d'éssers vius.

Però tots aquests problemes generats per científics i tècnics només podran ser resolts, com deia EINSTEIN, per una altra ciència que qüestionï els mètodes, esquemes i valors de la ciència que els ha creat. En paraules de F. MAYOR ZARAGOZA (exdirector general de la UNESCO): «El coneixement sempre és positiu. Les aplicacions poden ser negatives i fins i tot perverses.»

Per això, EDGAR MORIN proposa la necessitat d'«una ciència amb consciència», que immunitzi les comunitats científica i tecnològica de posicions dogmàtiques i els faci prendre consciència de la seva responsabilitat social i valorar les potencials aplicacions perverses dels seus descobriments. Tanmateix, en realitat són els polítics i les corporacions industrials els que decideixen sobre les línies d'investigació i aplicació dels descobriments i no poden ocultar la seva responsabilitat en les aplicacions de la ciència en contra de l'interès general.

Einstein i el costat fosc de la ciència



Activitats

3 Analitza el títol «L'aplicació perversa de la ciència». A què fa referència? ¿Penses que la ciència en si mateixa és perversa? Per què?

4 Què vol dir que qualsevol hipòtesi ha de ser falsable?

El 6 d'agost de 1945, els Estats Units van llançar dues bombes atòmiques sobre les ciutats japoneses d'Hiroshima i Nagasaki. Aquestes bombes van causar prop de 300 000 víctimes i van forçar la rendició del Japó, però els efectes de la radiació encara persisteixen avui dia. Aquell 6 d'agost, el món va entrar a l'era nuclear, i la destrucció de la civilització per part de la mateixa humanitat va passar a ser una hipòtesi viable.

Anys després del llançament de les bombes atòmiques, EINSTEIN va reflexionar sobre «el costat fosc de la ciència», en un article adreçat als intel·lectuals: «Amb aquesta dolorosa experiència hem après que la raó no és suficient per resoldre els problemes de la nostra vida social. La penetrant investigació i el subtil treball científic han aportat sovint tràgiques complicacions a la humanitat [...] i han creat els mitjans per a la seva pròpia destrucció en massa. Tragèdia, realment, d'aclaparadora amargor!».

1 Quina relació penses que té la proposta de Morin d'«una ciència amb consciència» amb la reflexió d'Einstein sobre «el costat fosc de la ciència»?

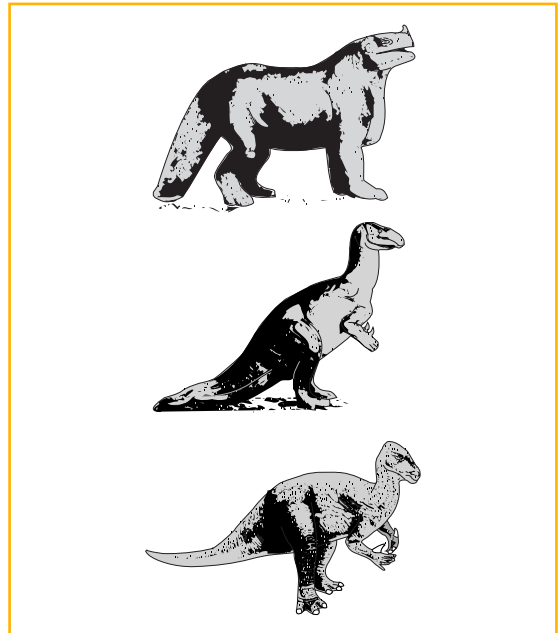
Activitats

■ Repassa

- 5 Explica amb un exemple com pot influir la ciència en la societat.
- 6 ¿Pot una investigació partir d'una hipòtesi prèvia? Justifica la teva resposta.
- 7 Raona si els descobriments científics poden o no considerar-se veritats absolutes.
- 8 ¿Com poden influir en l'avenç del coneixement científic els interessos econòmics d'una societat?
- 9 De vegades, fem servir la frase «demostrat científicament» en referència a una afirmació. Es pot assumir com a certa? Raona-ho.
- 10 Posa un exemple en el qual els corrents de pensament (filosofia, religió, etc.) hagin influït de manera determinant en el coneixement científic.
- 11 Suposem que es descobreix un fenomen que contradiu una llei científica reconeguda com a certa. Què han de fer els científics?
- 12 Quan es produeix un descobriment científic, l'actitud més comuna és rebutjar una hipòtesi nova a favor d'una altra de ja acceptada. ¿Com penses que influeix aquesta actitud en l'avenç de la ciència?
- 13 A molts naturalistes dels segles XVII i XVIII, influïts per les creences religioses, els va semblar veure en els fòssils les empremtes d'una catàstrofe planetària: el diluvi universal descrit en el llibre del Gènesi. Un dels més destacats va ser el francès Georges Cuvier, que fins i tot reconeixia en el registre diverses extincions universals d'animals que ja no existien en el present (en aquesta època es van descobrir a Europa els primers fòssils de dinosaures). Comenta si creus que, actualment, les creences socials i religioses poden condicionar les teories científiques, encara que estiguin basades en dades obtingudes mitjançant l'observació.

■ Observa i interpreta

- 14 Quan la ciència aplica una hipòtesi o teoria a un cas concret, està comprovant un model. Sovint, el model que es planteja no s'ajusta a les dades obtingudes, de manera que es fa necessari revisar-lo o canviar-lo. Fixa't en la il·lustració següent, que mostra diferents models de l'aspecte del dinosaure iguanodont:



- a) A què creus que es deuen aquests canvis en la reconstrucció de l'aspecte exterior del dinosaure iguanodont?
 - b) A part de l'aspecte exterior, haurà canviat alguna altra teoria sobre la seva biologia?
- 15 La major part dels fenòmens naturals són molt complexos i el seu estudi resulta difícil. Per fer-los més manejables, els científics s'ajuden de models teòrics, de models experimentals i, darrerament, de models assistits o generats per ordinador. Busca informació sobre alguns exemples de models i simulacions creades per ordinador que han ajudat a interpretar interaccions complexes o canvis impossibles de generar amb altres tècniques.

■ Analitza i pensa

16 Llegeix el text i respon les qüestions.

Entre els anys 1908 i 1912, un advocat britànic i paleontòleg aficionat anomenat Charles Dawson va trobar en uns dipòsits de començament del Pleistocè, a Piltdown, un conjunt de fragments d'un crani i una mandíbula fòssils, juntament amb instruments de sílex. Els va portar al paleontòleg del Museu Britànic A. Smith Woodward, i aquest els va classificar i els va donar el nom científic *Eoanthropus dawsoni*, en honor al seu descobridor. A l'«home de Piltdown», tal com se'l va anomenar vulgarment, se li va atribuir una antiguitat d'entre 3,7 i 0,8 milions d'anys.

Els ossos del crani, malgrat ser més gruixuts, eren molt similars als dels éssers humans actuals i corresponien a una capacitat cranial d'uns 1350 cc. En canvi, la mandíbula era clarament simiesca.

Ja des del seu descobriment, molts paleontòlegs van posar en dubte que tots els fragments pertanyessin a un mateix individu i que la seva presència junts fos causa de l'atzar. Alguns autors, no obstant això, van creure haver trobat l'anteces-

sor de l'home modern, l'autèntica «baula perduda» entre antropoides i humans, i van relegar a una branca diferent fòssils que ja es coneixien. El 1953, els professors d'Oxford Le Gros Clark i Weiner van analitzar la quantitat de fluor dels fragments i van comprovar que els fragments de crani no tenien més de 50 000 anys, mentre que la mandíbula corresponia a un antropomorfe actual, probablement a un orangutan. Estudis posteriors van confirmar l'engany que havia durat quaranta anys. El maxil·lar havia estat tenyit artificialment amb una sal fèrrica i bicromat, perquè s'esgrogueís i semblés antic; les dents s'havien llimat per fer-les més semblants a les humanes.

Avui es considera aquest cas com el frau científic més gran del segle XX. En l'actualitat, amb els coneixements i tècniques de datació actuals, seria impossible un engany d'aquesta mena.

- Fes un breu resum del text.
- Què significa l'expressió «la baula perduda entre antropoides i humans»?
- Per què avui seria impossible un frau així?



Per saber-ne més

Una fita: Karl Popper i la seva crítica al mètode científic



La influència que Karl Popper (Viena, 1902 - Londres, 1994) ha tingut en la ciència ha estat tan important que la seva crítica al mètode científic constitueix un clàssic que hauria de ser conegut per tots els científics.

No obstant això, també va tenir crítics, com el seu deixeble i successor Imre Lakatos (1923-1974), que va demostrar que la refutació d'una hipòtesi pot no ser tampoc fiable, ja que es pot trobar una explicació que permeti mantenir la hipòtesi com a certa.

La importància de Popper ha estat tan gran que molts científics el consideren el defensor més ferm i, alhora, el crític de la ciència més implacable, i s'hi inspiren per mirar de refutar totes les hipòtesis que es plantegin.

Tanmateix, alguns filòsofs i sociòlegs de la ciència han trobat la possibilitat de ser crítics fins a l'extrem de considerar la ciència com un saber erroni i poc fiable, de manera que en provoquen un cert rebuig.

Les idees d'aquests sociòlegs són, per a molts científics, fruit de la ignorància i no pas de la necessària capacitat crítica.



Un centre d'investigació

Departament d'Història de la Ciència (Institució Milà i Fontanals)

El Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) disposa a Catalunya de l'anomenat Departament d'Història de la Ciència (DHC) o Institució Milà i Fontanals.

Va ser fundat el 1987 per Lluís Garcia Ballester amb l'objectiu d'aprofundir en l'estudi de les ciències de la salut i de la vida. Actualment s'hi treballa en diverses línies de recerca que abasten temàtiques variades: des de la medicina hispana i italiana (segles XIV-XVIII) fins a l'impacte social del darwinisme a Espanya als segles XIX i XX.

Un llibre recomanat

Serendipia. Descobriments accidentals en la ciència

ROBERTS, ROYSTON M.: *Serendipia. Descubrimientos accidentales de la ciencia*. Alianza Editorial, Madrid, 2004.

El paper de l'atzar, dels fets accidentals, ha estat —i és— determinant en molts descobriments científics i invencions tècniques.

En aquest text es tracten amb detall descobriments famosos, com el principi d'Arquímedes o la llei de la gravitació de Newton, juntament amb altres troballes tan comunes com l'aspirina, el velcro o els Post-it i s'esbrina la incògnita de quin grau de serendipia amaguen.

A Internet

<http://www.espaibarcanova.cat>

En aquest web d'Editorial Barcanova podràs accedir a una pàgina que permet un recorregut per les teories sobre les quals s'ha configurat el saber científic a través dels segles i les persones que l'han desenvolupat. Hi ha bons enllaços en anglès.

També trobaràs un enllaç a una pàgina que permet descarregar-se notes biogràfiques sobre dones científiques i les seves aportacions a la ciència.

Finalment, un enllaç et portarà al web oficial de la Institució Milà i Fontanals.