

CAPÍTOL I. MÈTODE CIENTÍFIC I DISSENY EXPERIMENTAL

Autor: Marc Yeste

2. Què és el mètode científic?

2.1. Conceptes generals

El mètode científic comprèn els passos lògics que integren el desenvolupament racional del coneixement. Un famós historiador de la ciència, J. B. Conant, es burlava de qui creia que existeix alguna cosa semblant al mètode científic.

Entre els mètodes que utilitza el científic hi ha mètodes definidors, mètodes classificatoris, mètodes estadístics, mètodes hipoteticodeductius, procediments de mesura i moltes altres variants. Per tant, parlar de mètode científic és referir-se a moltes tàctiques utilitzades per tal de construir el coneixement. De fet, els mètodes i la mateixa noció de ciència es van modificant al llarg de la seva història, encara que entre tantes diferències hi trobem estratègies fonamentals.

Actualment, el mètode científic hipoteticodeductiu és la base del desenvolupament i investigació en les anomenades ciències «dures» (és a dir, la física, la química, la biologia, la geologia...) i les anomenades ciències «toves» (com, per exemple, la psicologia, la sociologia...). En ambdós casos, el mètode científic que s'utilitza actualment es basa en els passos següents: observació, experimentació, hipòtesi i teoria.

2.2. Per què parlem de mètode?

Es defineix com a mètode el procediment ordenat que pretén assolir un objectiu concret. El mètode determina les regles de la investigació dels fets, i la demostració de les veritats científiques. Engloba l'estudi dels medis pels quals s'estén el coneixement humà i ordena els seus coneixements.

Cadascuna de les ciències té un mètode específic, propi de l'objecte formal del seu estudi. Tanmateix, hi ha un conjunt de característiques generals que es compleixen en totes les ciències. Aquestes característiques estan relacionades amb les dues activitats fonamentals de la ciència:

1) L'establiment dels principis parteix de l'experiència (o d'hipòtesis o postulats).

2) A partir dels principis establerts, s'utilitza la demostració a fi d'obtenir les conclusions que formen el coneixement científic.

Podríem dir, doncs, que la ciència és el coneixement d'unes conclusions, obtingudes per demostració a partir d'uns principis. Un saber científic és, així, un ordre de proposicions, relacionades entre elles mitjançant nexes demostratius. Per tot plegat, els elements més importants del mètode científic són:

- L'establiment dels principis
- La investigació experimental
- Els procediments de la demostració.

Dins d'aquest conjunt de regles que són els mètodes, hi distingim el mètode d'investigació (o descobriment), en el qual intervenen l'experiència, la raó, les hipòtesis del treball i gairebé tots els elements lògics de la ciència.

La investigació comprèn diversos passos:

- Selecció i determinació dels problemes més importants.
- Estudi de les possibles solucions, comparant diferents posicions històriques o d'altres autors.
- Formulació de les conclusions segures, diferenciant-les de les hipotètiques.
- Crítica de les posicions adverses.
- L'anàlisi, que va de les qüestions generals a les seves parts, i la síntesi que reconstitueix el tot partint dels resultats de l'anàlisi.

2.3. Història del mètode científic

2.3.1. Context històric

El naixement de la filosofia a l'antiga Grècia com a contraposició a l'ús dels mites per respondre les preguntes que les persones d'aquell temps es plan-

2. Què és el mètode científic?

tejavent, representa un pas de gegant pel que fa al que els filòsofs antics denominaven «l'edifici del coneixement».

Per als filòsofs grecs, la ciència s'entenia d'una manera diferent de com l'entendem avui, lligada sobretot a la filosofia. Així, Aristòtil (al seu llibre Física) va definir la ciència com un coneixement cert a partir de les causes de les coses. Per a ell, la ciència és un hàbit intel·lectual especulatiu des del punt de vista subjectiu; i un conjunt de coneixements des del punt de vista objectiu. L'objectiu de la ciència és que coneguem el món, a nosaltres mateixos i Déu. L'home es dedica a la ciència mogut pel seu afany de saber o per satisfer les seves necessitats.

Actualment, un bon nombre d'historiadors de la ciència consideren que l'iraquíà Al-Hasan (965-1039) és el precursor del mètode científic modern. Al-Hasan va desenvolupar la seva activitat investigadora mitjançant l'aplicació de mètodes experimentals rigorosos per tal de verificar i contrastar hipòtesis teòriques.

El concepte de ciència que tenim actualment és una evolució de la noció que es tenia en els segles XV-XVI. Així, la ciència, com a coneixement derivat de l'aplicació del mètode científic, inicia el seu camí a partir del Renaixement (segle XV) i sobretot a partir de l'obra del pisà Galileo Galilei (1564-1642).

El paper que l'epistemologia (genèricament denominada «filosofia de la ciència») ha tingut en la formulació del mètode científic discorre, de fet, paral·lela a la mateixa evolució de la ciència a partir del segle XVI. Podríem dir, doncs, que la història del mètode científic està relacionada molt estretament amb la història de la ciència, i que, de fet, la història del mètode científic és una part de la història de la ciència en general.

El desenvolupament i explicació de les regles a favor del raonament científic ha estat un tema de debat intens en els darrers 500 anys. Així, els filò-

sos naturals i els científics han defensat, en cada cas, la preponderància d'una aproximació concreta respecte al mètode que s'ha d'utilitzar quan es pretén obtenir un coneixement rigorós dels fets (el que es denomina «coneixement científic»).

Malgrat els desacords pel que fa a l'enfocament que s'ha d'aplicar, sempre hi ha hagut tendències força clares i unitàries que han determinat el desenvolupament del mètode científic fins a l'estructura amb la qual l'utilitzem actualment.

Un dels debats més importants en la història del mètode científic ha estat la contraposició del mètode inductiu (fins al segle XIX) (empiristes anglesos) i el mètode hipoteticodeductiu (K. R. Popper, entre d'altres). A partir del segle XX, la discussió entre els metodòlegs de la ciència ha consistit en la contraposició entre un mètode científic clarament definit i estructurat, i l'aparició dels denominats paradigmes i revolucions científiques (T. Kuhn i I. Lakatos).

2.3.2. Les principals aportacions històriques al mètode

Com ja hem indicat, l'epistemologia és una branca de la filosofia que s'encarrega dels problemes filosòfics que envolten la teoria del coneixement. Els seus principals problemes són: la possibilitat del coneixement, el seu origen o fonament, la seva essència o transcendència i el criteri de veritat.

Respecte al coneixement científic, hi ha i hi ha hagut diferents punts de vista durant la història del pensament occidental, de manera que les maneres de pensar i de concebre la ciència han canviat al llarg del temps. De fet, l'evolució del mètode ha estat paral·lela a l'aparició de nous descobriments que descarten coneixements previs.

El mètode segons René Descartes

Per a Descartes, el mètode, que és deductiu, són «regles certes i fàcils, gràcies a les quals qui les observi exactament no prendrà mai el fals per verdader; i

CAPÍTOL I. MÈTODE CIENTÍFIC I DISSENY EXPERIMENTAL

Autor: Marc Yeste

2. Què és el mètode científic?

arribarà, sense gastar inútilment cap esforç del seu esperit, sinó augmentant sempre, gradualment, la seva ciència, al verdader coneixement de tot allò de què sigui capaç». Per a Descartes, el criteri que permet no confondre el fals amb el verdader és l'evidència. En el seu *Discurs del Mètode* defineix com a constituents d'aquest les quatre regles següents:

- No acceptar com a vertader el que amb tota evidència no es reconegui com a tal.
- Dividir cada una de les dificultats en tantes parts com sigui necessari per resoldre-les (anàlisi).
- Ordenar els coneixements des dels més senzills fins als més complexos
- Fer enumeracions completes i generals que assegurin que no s'ha omès res de fonamental

El mètode segons Galileu

Galileu afirmava que la lògica deductiva ens permet reconèixer la versemblança dels raonaments, però no ens permet dur a terme nous descobriments. Per tant, per a ell el mètode consisteix en la demostració rigorosa, prenent com a model la matemàtica, aplicada a enunciats certs i verificats per mitjà de l'experiència. Galileu estava convençut que un cop feta la demostració empírica és impossible que hi hagi errors i és impossible que hi hagi termes mitjans entre la certesa i la falsedat. Galileu sostenia que el mètode d'Aristòtil era el seu: limitar-se als sentits, a l'observació, a les experiències, i després buscar els mitjans per demostrar això i no una altra cosa.

El mètode segons Francis Bacon

Francis Bacon pensava que no ens hem de limitar a la simple experiència subministrada pels sentits (empirisme) ni a la simple raó (racionalisme). És a dir, no hem de ser ni empírics ni dogmàtics.

A la seva obra *Novum Organum*, Bacon assenyala els prejudicis que impedeixen el progrés científic

(que va batejar com a «fantasmes»: tribu, caverna, fòrum i teatre). Oposa el seu mètode al de la inducció completa, que consisteix a obtenir d'un conjunt de casos una afirmació general que val per a tots els casos. També contraposa el seu mètode a la deducció pura perquè, segons ell, no permet avançar en el coneixement. Per tant, per a Bacon el coneixement ha de venir d'utilitzar un altre mètode. No consisteix només a fer una experiència, sinó que cal variar-la, transferir-la, prolongar-la, invertir-la, i comparar-la. Les experiències han de ser registrades i són: de presència, d'absència i de comparació.

Els mètodes de John Stuart Mill

Per a Stuart Mill els mètodes són quatre: el de concordança, el de diferència, el de variacions concomitants i el de residus.

– Mètode de concordança. Si dos o més casos tenen una circumstància comuna, aquesta és la causa (o efecte) del fenomen. Es tracta d'estudiar casos diferents per veure en què concorden.

– Mètode de diferència. Si un cas on es presenta el fenomen i un altre on no es presenta tenen totes les circumstàncies comunes menys una, aquesta és la causa (o part de la causa) del fenomen. Es tracta de buscar casos que s'assemblin en totes les seves circumstàncies i difereixen en alguna d'elles.

– Mètode conjunt de concordança i diferència. Es tracta de la utilització conjunta dels altres dos mètodes: una concordança i una diferència.

– Mètode de variacions concomitants. Es tracta d'establir relacions de causa i efecte entre dos fenòmens. Els fenòmens estudiats podrien ser ambdós efectes d'una mateixa causa.

– Mètode de residus. Es tracta d'esbrinar les causes la presència de les quals no pot ser eliminada per experimentació.

2. Què és el mètode científic?

2.3.3. Principals teòrics del coneixement i el mètode

- **Plató** d'Atenes (428 aC - 347 aC), filòsof grec, un dels pensadors més originals i influents en tota la història de la filosofia occidental.

- **Aristòtil** d'Estagira (384 aC - 322 aC), filòsof i científic grec, considerat, al costat de Plató i Sòcrates, un dels pensadors més destacats de l'antiga filosofia grega i probablement el més influent en el conjunt de tota la filosofia occidental.

- **Francis Bacon** (1561-1626), filòsof i estadista anglès, un dels pioners del pensament científic modern.

- **Galileu** (1564-1642), físic i astrònom italià que, juntament amb l'astrònom alemany Johannes Kepler, va començar la revolució científica que va culminar amb l'obra del físic anglès Isaac Newton.

- **René Descartes** (1596-1650), filòsof francès, científic i matemàtic, considerat el fundador de la filosofia moderna.

- **Immanuel Kant** (1724-1804), filòsof alemany, considerat un dels pensadors més influents del pensament occidental. Creador de l'idealisme transcendent, vol superar l'escepticisme de Hume i el racionalisme de Descartes.

- **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831), filòsof alemany, màxim representant de l'idealisme i un dels teòrics més influents en el pensament universal del segle XIX. Elabora el mètode dialèctic.

- **August Comte** (1798-1857), filòsof francès, considerat el fundador del positivisme i de la sociologia, contribueix al mètode científic des de l'àmbit de les ciències socials.

- **John Stuart Mill** (1806-1873), filòsof i economista britànic que va causar un gran impacte en el pensament britànic del segle XIX.

- **Albert Einstein** (1879-1955), físic alemany nacionalitzat nord-americà, premiat amb un Nobel, famós per ser l'autor de les teories general i restringida de la relativitat, i per les seves hipòtesis sobre la naturalesa corpuscular de la llum. És probablement el científic més conegut del segle XX.

- **Karl R. Popper** (1902-1994), filòsof i teòric de la ciència, contribueix de manera decisiva al mètode hipoteticodeductiu, a partir del reforç de la lògica del raonament deductiu. Positivista crític, reacciona al neopositivisme del Cercle de Viena.

2.4. Marc conceptual i tipus de mètodes d'investigació

Hi ha regles fàcils i precises que permeten dur a terme una investigació científica? L'investigador ha de disposar, si no de quelcom de definitiu i infal·lible, almenys d'algunes normes elementals que li estalviïn el malbaratament d'esforços i temps. El mètode d'investigació s'entén com la «brúixola en la qual no es produeix automàticament el coneixement, però que ens evita perdre'ns en el caos aparent dels fenòmens, encara que només sigui perquè ens indica com no hem de plantejar els problemes i que no hem de caure en els nostres prejudicis predilectes» (Bunge, 1972).

L'objectiu del mètode científic, amb independència de l'objecte al qual s'aplica, és la resolució de problemes.

Quines classes de mètodes de recerca hi ha?

Podem establir dues grans classes de mètodes d'investigació: els mètodes lògics i els empírics. Els primers són tots aquells que es basen en la utilització del pensament en les seves funcions de deducció, anàlisi i síntesi (ciències formals), mentre que els mètodes empírics (ciències fàctiques) s'aproximen al coneixement de l'objecte mitjançant el seu coneixement directe i l'ús de l'experiència. Entre ells trobem l'observació i l'experimentació.

CAPÍTOL I. MÈTODE CIENTÍFIC I DISSENY EXPERIMENTAL

Autor: Marc Yeste

2. Què és el mètode científic?

2.4.1. Mètode lògic-deductiu

Consisteix en l'aplicació dels principis generals a casos particulars. El paper de la deducció en la investigació és doble:

- En primer lloc, consisteix a trobar principis desconeguts a partir dels coneguts. Una llei o principi pot donar lloc a una altra de més general que la inclogui. Si un cos cau diem que pesa perquè és un cas particular de la gravitació.
- En segon lloc, també ens permet descobrir conseqüències desconegudes a partir de principis coneguts. Si sabem que la fórmula de la velocitat és $v = s/t$, podrem calcular la velocitat d'un avió.

La matemàtica és la ciència deductiva per excel·lència, atès que parteix d'axiomes i definicions. Dins del mètode lògic-deductiu, hi distingim:

- La deducció directa. A partir d'una premissa, s'arriba a una conclusió directa.
- La deducció indirecta. Necessita sil·logismes lògics. S'entén per sil·logisme l'argument que consta de tres proposicions, en el qual la relació entre dues premisses és mitjançada per un tercer terme. La premissa major conté la proposició universal, la premissa menor conté la proposició particular, i de la seva comparació se n'extreu la conclusió. Exemple: «A és B», «B és C», per tant «A és C».

2.4.2. Mètode hipotètic-deductiu

Un investigador proposa una hipòtesi com a conseqüència de les seves inferències del conjunt de dades empíriques o de principis i lleis més generals. En el primer cas, la hipòtesi es formula mitjançant un raonament inductiu, en el segon cas s'aplica la lògica deductiva. Ho veurem més en detall a l'apartat 2.5.

2.4.3. Mètode lògic-inductiu

Partint de casos particulars s'eleva a coneixements generals. Aquest mètode permet la formulació

d'una hipòtesi, la investigació de lleis científiques, i les demostracions. La inducció pot ser completa o incompleta. D. Hume, B. Russell, o K. R. Popper, entre molts altres, expressen reserves molt importants a la lògica del raonament inductiu.

2.4.4. Mètode analògic

Consisteix a inferir de la semblança d'algunes característiques entre dos objectes la probabilitat que les característiques restants siguin també semblants. Els raonaments analògics no són sempre vàlids.

2.4.5. Mètode dialèctic

La característica essencial del mètode dialèctic és que considera els fenòmens històrics i socials en moviment continu (G. W. F. Hegel). És l'origen del materialisme històric (K. Marx), que explica quines són les lleis que regeixen les estructures econòmiques i socials, les seves superestructures corresponents i el desenvolupament històric de la humanitat. Aplicat a la investigació, afirma que tots els fenòmens es regeixen per les lleis de la dialèctica, és a dir, que la realitat és dinàmica i està subjecta a contradiccions i a una evolució i desenvolupament perpetus. Per tant, el materialisme dialèctic i la dialèctica hegeliana proposen que tots els fenòmens han de ser estudiats en les relacions que aquests estableixen amb altres fenòmens i en el seu estat de canvi continu, perquè res no existeix com a objecte aïllat.

Aquest mètode descriu la història del que ens envolta, de la societat i del pensament, a través d'una concepció de lluita de contraris i no purament contemplativa, més aviat de transformació. Aquestes concepcions, pel seu caràcter dinàmic, exposen no sols els canvis quantitius, sinó els radicals o qualitius.

Tanmateix, les ciències experimentals dures mai no han utilitzat el mètode dialèctic; i el seu ús a les toves (com la sociologia i l'economia) no ha estat mai exempt de polèmica (funcionalistes vs. marxistes).

2. Què és el mètode científic?

Uns altres mètodes que no analitzarem en detall són:

- Mètode sintètic
- Mètode analític
- Mètode històric
- Mètode genètic
- Mètode de la concreció
- Mètode del modelatge
- Mètode sistèmic

2.5. El mètode hipotètic-deductiu

Com ja hem apuntat, les ciències fàctiques o empíriques són aquelles que estudien els fenòmens observables a l'entorn. Se'ls diu experimentals perquè parteixen de l'experiència i utilitzen com a criteri per acceptar les seves tesis la verificació experimental, i la seva comprovació en l'experiència.

L'experiència es defineix, per tant, com tot objecte, fet o fenomen susceptible de ser observat o experimentat a través de la percepció sensible. Tradicionalment, se les ha anomenat ciències inductives, ja que partint de l'experiència, de l'observació, pretenen assolir tesis o lleis que es puguin aplicar universalment. És problema de la inducció com a partir de les dades observades es pot fer una generalització universal. El mètode inductiu avui dia l'anomenem mètode hipoteticodeductiu. El seu creador va ser Galileu (1564-1642), i també William Whewell (1794-1866), amb grans aportacions i crítiques de lògics i teòrics de la ciència de l'actualitat.

Aquest mètode té les fases següents:

1. **Observació d'un fenomen** o problema, que constituirà l'objecte formal del nostre estudi.
2. **Formulació d'una hipòtesi** o conjunt d'hipòtesis que permeti resoldre el problema que hem plantejat.
3. **Disseny d'un experiment** o conjunt d'experiments que permeti contrastar la nostra hipòtesi i permeti determinar si és vertadera o falsa.
4. Segons els resultats del nostre experiment, determinarem si hem d'**acceptar** la nostra **hipòtesi** plantejada en el segon pas com a vertadera, o bé si l'hem de **refutar** i per tant formular una nova hipòtesi i, consegüentment, un nou experiment a fi de verificar-la o refutar-la.
5. **Formulació i expressió matemàtica de la llei** (generalització).

El conjunt de lleis forma una teoria que s'aplica de manera deductiva com els axiomes en les matemàtiques.

Per tal de comprovar la hipòtesi (pas 3), necessitem dissenyar un experiment o conjunt d'experiments dins d'un marc teòric que s'inclou en el mateix concepte del mètode hipoteticodeductiu. Precisament, dedicarem el pròxim apartat al disseny experimental.