

CONSIDERACIONS SOBRE EL MÈTODE CIENTÍFIC

Comunicació presentada el dia 22 d'octubre de 1970 pel doctor

R. PARÉS

Professor del Departament de Microbiologia de la Facultat de Ciències
de la Universitat de Barcelona

EL CONEIXEMENT CIENTÍFIC

Tots els coneixements són fenòmens de consciència. Tenir consciència o ésser conscient és adonar-se de quelcom. Hi ha coneixements que només han arribat a ésser-ne després de molt de temps i encara per a molt poques persones.

El nivell de consciència dels diferents coneixements pot també ésser diferent entre persones i al llarg del temps. Pot haver-hi subjectes encara no conscienciats o definitivament inconscienciats per a l'home i que, per tant, són fora de l'abast del seu coneixement.

L'home aprenqué i aprèn de seguida a distingir coses que suposa reals d'altres d'imaginàries, dintre d'allò de què té consciència. Però mai no ha tingut un criteri de discriminació definitiu entre les unes i les altres, i al respecte hi ha evidència de diferències irreductibles entre uns homes i altres.

Tots els subjectes de consciència poden referir-se a un mateix, als altres i al món exterior. Cal reconèixer que en cadascun d'aquests camps el coneixement humà individual és, considerant-lo globalment, un mar de confusions i incongruències contínuament canviants.

Hi ha un conjunt de forces, probablement irracionals, que fan gairebé impossible que la nostra conducta sigui conseqüència d'un pla coherent, elaborat en la nostra consciència de forma lògica, a part dels desigs i altres impulsos irracionals, i fins i tot considerant-ho independentment de la seva possible adequació a una realitat o a un ordre transcendent. La cultura ha vingut a paliar aquesta situació desesperant i ens ha fet acceptar en cada època el compromís d'un ordre més o menys racional sobre el qual basar una actitud reflexiva, relativament eficaç per a viure la vida, que és allò que importa, però clarament inconsistent per a comprendre-la. Desgraciadament, o afortunadament, aquest ordre és vàlid tan sols per un temps; i tard o d'hora cal trencar el compromís i subscriure'n un altre de nou. Hom anomena reaccionaris els recalitrants i ressaguers.

Si no estem molt més ofuscats encara del que creiem, el coneixement científic és l'únic que queda al marge d'aquesta terrible inconsistència, bé que és cert que no hi ha cap base per a poder afirmar que sigui l'únic tipus de coneixement objectiu i explícit possible. Però, avui per avui, explícitament objectius, només hi ha fets i coneixement científic.

D'altra banda això no impedeix de reconèixer que, així i tot, el coneixement científic és una petita part d'un univers amb altres tipus de coneixement, amb una infinitat d'altres estats de consciència amb els quals ignorem les connexions, o bé on aquestes no poden pas ésser establertes de forma científica. A mesura que ens acostem als límits del coneixement científic, aquest deixa progressivament d'ésser-ho.

LA CURIOSITAT CIENTÍFICA

El mètode científic és simple en la seva base i ha estat descrit amplemment repetides vegades. Hom pensa que és poc el que hom pot dir de nou al respecte.

Prendre consciència de determinats fets és el punt de partida. Hom pot considerar que la ciència és el resultat de la història d'un aspecte de la curiositat humana. Sense aquest instint infantil, car amb els anys sol perdre força, no hi hauria hagut mai ciència. No obstant això, no tota la curiositat porta a la ciència. La major part de la curiositat humana ha conduït a esbrinar coses que evidentment no han pogut ésser mai punt de partida de coneixements científics. Els subjectes de la curiositat són infinits i pocs d'ells tenen interès científic.

En qualsevol ordre de coses els fets importants no han estat mai elegits a l'atzar. Interessar-se per l'important entre milers de possibilitats és el resultat d'una mena d'inspiració, i en tot cas, és molt difícil d'analitzar com és portada a terme l'elecció adequada, tant en la ciència com en altres camps. Però, a més, la ciència no comença amb el resultat simple d'una curiositat comuna, bé que inspirada, sinó sols d'una curiositat finament selectiva, finament i estranyament selectiva, amb un criteri de selecció que sempre fuig de l'ordinari. Potser podríem dir que la curiositat científica, a part la seva inspiració, és una mena d'instint anormal que porta sovint a interessar-se precisament en allò que aparentment no interessa a ningú i, sovint, va lligada a la minva de la curiositat fisiològica, o sigui, a un desinterès o a un interès mínim per allò que interessa a tothom.

Naturalment, descrita així, la curiositat científica seria també la pròpia dels boigs. Bé, doncs sí. És efectivament anàloga. Però encara que a vegades hi ha hagut dubtes en aquest respecte, la diferència és que es dona en persones que aparentment no ho són. A més, avui en dia, la història les té consagrades en molts casos per la utilitat del desenvolupament ulterior de les seves idees.

El mètode científic comença, doncs, exercint una virtut poc corrent, una forma anòmala de la curiositat. Com un mutant d'aquest caràcter comú a tots el homes.

Actualment, la curiositat es pot educar i endegar cap aquesta direcció, útil per al progrés científic. La curiositat científica es dona com un caràcter degut al medi ambient, com una fenocòpia, potser molt més així que com a propietat innata o genotípica.

Però el continuat progrés científic solament és assegurat pel fet que certes persones neixen amb un rar i pertinaç instint: la curiositat anormal inspirada per a adonar-se de com tenen lloc certs tipus de fets inadvertits o superflus per al comú de la gent.

LA GENERALITZACIÓ

Amb el coneixement dels fets, per extens i precís que pugui ésser, hom no constituirà mai una ciència vertadera.

Hi ha una segona etapa fonamental: convertir el fet concret en cas particular d'un tipus de comportament general.

El desenvolupament de la capacitat de generalització és un dels progressos més grans de l'evolució humana, i en la forma que més ha contribuït al progrés científic ara és degut inicialment als grecs. Sovint, la seva afecció a generalitzar era molt més gran que l'interès pels fets, a part excepcions sorprenents, i els en feia perdre l'interès. Per això, tal com ho veiem avui, després del corrent idealista, hom pot considerar tan lligada al geni clàssic l'època medieval que vingué després, com el propi Renaixement i la revolució científica del segle XVII. Són assaigs de desenvolupament de diferents tendències d'una mateixa cultura, dotada, això sí, d'una força expansiva com no n'hem coneguda cap d'altra fins a la revolució científica dels nostres dies.

La capacitat de generalització que porta a la llei natural, com la curiositat científica, és també una qualitat poc freqüent en la seva forma espontània i, en canvi, és molt més influïda encara per l'educació, que pot ésser bona o dolenta, i llavors pot desbocar-la fins al disbarat.

La generalització comença amb una idea que surt de la consideració de diferents fets. Hom anomena aquest procés *inducció*.

Tota la força de la generalització s'esdevé com a conseqüència que altres fets, a part els primerament observats, puguin ésser casos de la llei general. D'aquesta forma comença la capacitat de preveure un resultat nou, on radica l'autèntic valor del coneixement científic.

El procés de generalització es verifica per aproximacions successives. Generalment comença descobrint una analogia que ens suggereix que dos tipus diferents de fets poden tenir una o altra mena de relació. No obstant això, cal no oblidar mai que dues coses anàlogues poden ésser-ho únicament en el nostre cap.

Les lleis naturals van cobrant calor, van essent preses com a tals, després de successives comprovacions. L'enginyer resol un problema aplicant tal principi de l'estàtica. Està convençut que no fallarà, però únicament per virtut d'un reflex condicionat, com el gos està convençut de trobar menjar després d'escoltar la campana.

Desgraciadament, encara no ha estat trobada cap raó suficientment bona ni forta per a creure que necessàriament el principi no fallarà en aquest nou cas. De tota manera, si falla, el científic passaria a la conclusió que la generalització establerta del principi de l'estàtica, cal que sigui revisada, i això serà motiu d'alegria, car portarà a intentar una nova generalització que inclogui tots els casos, mitjançant la qual qualsevol altra previsió tindrà moltes més probabilitats d'ésser eficaç, o àdhuc podrà fer possible l'establiment de noves previsions totalment impensades fins aleshores.

El caminar de la ciència és igual que el de l'infusori; tempteig, topada, correcció i tornar a començar.

L'EXPERIMENTACIÓ

La forma sistemàtica de temptejar és l'art de l'experimentació científica. Bàsicament, l'experimentació consisteix a comprovar una generalització de forma que, si no és vàlida, això es posi forçosament de manifest. En una paraula, no es tracta tant de provar la hipòtesi, com de reduir-la a l'absurd. L'experiment crític no prova realment la bondat de la llei, però demostra que és certament improbable una coincidència a l'atzar entre la teoria i el resultat obtingut. Encara en aquest cas poden haver-hi diverses generalitzacions igualment vàlides, entre les quals el científic agafa sempre la més senzilla i més d'acord amb la totalitat del pensament científic vigent.

L'experiment és una combinació de fe animal, lògica, enginy i previsió. La fe animal, seguint el terme emprat per Santayana, és el conveniment de la validesa de certes lleis naturals obtingudes prèviament per inducció i fins avui verificades. Aquesta fe animal té, naturalment, una base purament reflexològica, com el denominat sentit comú. Per això ha estat dit que la ciència és el sentit comú organitzat.

La lògica deductiva més estricta i simple porta després a un plantejament de circumstàncies que forçosament determinaran uns resultats. L'enginy permetrà de portar a terme efectivament a la realitat el projecte i obtenir un resultat concret. Sempre hi ha una premissa, i convé que només n'hi hagi una, si és possible, que és posada a prova i de la qual un resultat negatiu n'és una reducció a l'absurd.

Les contraproves consisteixen a posar la mateixa premissa a un altre experiment en el qual hom pren com a base principis establerts diferents dels tinguts en compte en el primer cas. Així es prossegueix repetidament, fins que l'ordre de previsions establertes per la premissa es converteix en subjecte de fe animal.

Els experiments han d'ésser com més simples millor i perfectament reproduïbles per qualsevol persona degudament preparada, a tot arreu i en qualsevol moment. És un art difícil i, no obstant això, aconseguit l'experiment adequat, ha d'ésser fàcil la reproducció per qualsevol de l'ofici. Únicament així pot considerar-se realitzat el projecte. Allí on les circumstàncies ens són poc conegudes, o molt difícils de precisar, hi ha una experimentació primària que consisteix simplement a modificar quelcom de ben definit i observar quines són les conseqüències en un procés determinat. És el cas de l'experimentació clàssica de la fisiologia, tan ben establerta per Claude Bernard.

MIDA I ANÀLISI

Hi ha una tendència a quantificar els experiments i les generalitzacions obtingudes per inducció. Continua essent vàlid el principi que hom suposa que comença a conèixer bé les coses quan les pot mesurar. Això, en gran part, és degut al fet que l'argument inductiu rep molta força en quantificar-se, car la possibilitat d'una coincidència a l'atzar esdevé llavors no solament menys probable, sinó sovint definidament menys probable. D'ací també l'interès dels mètodes estadístics en la metodologia científica.

La teoria del mesurament s'ha desenvolupat considerablement en els darrers anys, i avui és una matèria d'estudi especialitzada. No solament s'aplica allí on és necessari un control molt precís de les dades, com en física, sinó també en terrenys menys exactes, com en sociologia i en psicologia. La predicció necessita mesura en un cas i altre per a atènyer la major eficàcia possible.

Una altra característica del mètode científic, lligada a la mesura, és l'anàlisi. El valor de l'anàlisi deriva d'un principi general de la teoria de la ciència verificat repetidament, com a mínim de forma aproximada.

Hom considera que un sistema complex és constituït per subsistemes que es comporten aïlladament de la mateixa manera que quan formen part d'un conjunt. D'aquesta manera, el coneixement dels subsistemes permetrà de fer previsions sobre el sistema complex.

Un exemple senzill seria: la Lluna és atreta per la Terra i com a conseqüència, descriurà una òrbita definida. També és atreta pel Sol i Sol i Lluna aïlladament determinaran una altra òrbita. Doncs bé, la seva

òrbita real pot ésser prevista tenint en compte els efectes separats que exerceixen la Terra i el Sol.

No hi ha evidència que aquest principi sigui realment vàlid en tots els casos, però sí que les coses esdevenen realment molt complicades quan falla. Ara bé, de fet falla. El tot és sovint diferent de la suma de les seves parts en certs ordres de coses entre les quals hom situa diferents nivells d'organització.

Sembla ésser que situar un procés al seu nivell adequat és imprescindible per a poder analitzar-lo científicament. Així, la probabilitat de trobar un determinat nombre de coliformes en una mostra d'aigua no pot ésser considerat com a conseqüència de la probabilitat d'una ordenació peculiar d'àtoms i molècules, sinó de certes condicions històriques que pressuposen un sistema aïllat on s'ha iniciat i descabdellat la vida sota suficients marges d'espai i temps.

ABSTRACCIÓ I MODELS

Els vins, en envellir, es tornen agres o rancis. La ciència, en madurar, es torna abstracta. Això, per a uns, és tornar-se rancià, per a d'altres, agra. Allí on predomina una cultura de tipus fonamentalment artístic-literari, com en el nostre país, la ciència sol ésser considerada tan útil com filosòficament trivial, en tant és a la primera fase de fets i generalitzacions empíriques. Després, amb la seva maduresa, suscita una aversió apassionada, que es dissimula més o menys. Això és evidentment conseqüència de la dificultat intel·lectual que presenta l'abstracció científica, particularment per a les persones no iniciades ni degudament entrenades. També perquè aquestes estan fonamentalment interessades per fenòmens de consciència ben diferents del coneixement científic.

En el terreny de la física, l'abstracció del coneixement ha arribat a un punt extrem. No obstant això, per a aquells que poden capir-la, posa a l'abast una visió del món en el seu conjunt infinitament superior a la que fins ara s'ha pogut aconseguir per qualsevol altre camí. Els triomfs intel·lectuals aconseguits per via de l'abstracció científica no tenen pas punt de comparació.

A causa del desenvolupament extraordinari de la biologia en els darrers vint-i-cinc anys, l'abstracció ha entrat ja en el seu camp en proporció considerable i cada dia més gran. Fins la morfologia es fa geometria a nivell dels models macromoleculars. En la biologia, hom utilitza cada cop més models abstractes on busca una relació causal com més despullada millor de detalls superflus.

És evidentment possible que els planetes, la ratlla D del sodi o l'àtom

d'hidrogen, siguin quelcom més que uns coeficients en unes determinades equacions. També que el bacteriòfag λ , l'operon *lac* i la clau genètica, siguin quelcom més que uns models abstractes amb una certa capacitat operativa. Però en tot cas, no hi ha cap base sòlida per a deixar de creure que només són això.

De fet, no sabem si l'univers real pot ésser imaginat com un fet de la consciència humana, però l'univers científic no. D'altra banda, un i altre no tenen necessàriament més que el nexa d'alguna similitud estructural que fa possible d'establir una multitud de relacions causals comunes.

Hom dubta, com ha dit molt bé RUSSELL, de si quan Déu mirà el món i veié que era bo, no veié quelcom més que fórmules i models abstractes meravellosament lligats per una lògica sublim que comprèn totes les relacions possibles entre qualsevol de les parts que hom pugui considerar.

LÍMITS DEL CONEIXEMENT CIENTÍFIC

El coneixement científic comença prenent consciència de fets significatius, i si bé és veritat que no sabem si hi ha fets absolutament no conscienciables per a l'home, sí que podem afirmar que és molt possible que actualment n'hi hagi molts encara de desapercebuts.

Tampoc no sabem si tots els fenòmens de consciència podran ésser tractats pel mètode científic. Tot, però, sembla indicar que no i que potser manquen homes genials que, com ahir GALILEU i NEWTON, siguin avui capaços d'inventar un nou mètode per a una nova ciència. La petitesa del camp científic dins l'univers de la consciència humana ens ho fa pensar així.

La primera limitació inherent al mateix mètode científic és la debilitat de la inducció per a establir generalitzacions. Això ja fou assenyalat per HUME i continua essent vàlid actualment. La inducció no té una base lògica, està dominada pel principi dels reflexos condicionats. No obstant això, és avalada per l'eficàcia de les generalitzacions establertes i la coherència que pot establir-se entre elles.

La justificació lògica de la inferència d'objectes reals a partir del coneixement científic no és pas provada. L'únic que és provat és que dominant-ne les relacions causals, no hi ha diferència entre pensaments i realitats objectives. És més, fins ara hom no ha trobat cap altra forma de fer els coneixements més objectius.

La capacitat de mesura sembla tenir uns límits infranquejables, absoluts, segons han establert els físics. Això assenyalaria que el coneixement científic està també limitat per ací.

Ja hem assenyalat els inconvenients del mètode analític. Els nivells

d'organització poden ésser simplement una manera de descriure la nostra ignorància de com les propietats dels sistemes complexos estan determinades per les dels subsistemes, però també pot significar que el mètode analític és solament vàlid en primera aproximació quan establim subsistemes que no difereixen massa del sistema.

Com en els temps de BERKELEY, la realitat subjectiva continua essent constituïda per sensacions i pensaments. Entre ambdós organitzem la nostra visió particular del món i de l'esdevenidor. Avui, els neopositivistes creuen que realitats objectives només ho són els fets i el coneixement científic. Amb aquest últim hom arriba a un univers abstracte que no pot tenir per a nosaltres el mateix tipus d'informació existencial que l'univers subjectiu.

La realitat exterior probablement escapa a un i altre, però solament pot ésser controlada pel coneixement científic. Mentre que el poder de la ciència augmenta dia a dia, la confiança en la seva capacitat d'oferir-nos una visió racional i comprensiva del món s'enterboleix i minva, potser a causa de la mateixa habilitat intel·lectual de l'home. Cal, però, tenir en compte que això no diu res a favor de qualsevol altra concepció estranya o més estranya a l'ordre causal de les coses.

VALOR DEL CONEIXEMENT CIENTÍFIC I JUSTIFICACIÓ DE LA SEVA RECERCA

Els resultats d'un experiment poden ésser reproduïts en qualsevol moment i, per tant, l'acumulació de resultats de diferents proves constitueix una experiència valuosa.

Els grans models i generalitzacions de la ciència constitueixen una base adequada per a desenvolupar projectes d'audàcia i ambició creixents. Els recursos disponibles per a l'home poden ésser incrementats indefinidament, i també llur explotació. Per això els historiadors coincideixen a donar una significació especial a la figura de Francis BACON com a punt de partida de la ciència moderna. Ell va manifestar per primera vegada, clarament i decididament, el significat fonamentalment pragmàtic del coneixement científic (*).

Permeteu-me de proposar una justificació de la recerca científica: 1) La cultura del nostre temps és una cultura principalment resultat de la revolució científica. Cal integrar-s'hi o córrer el risc de morir intel·lectualment. 2) La tecnologia és la base de la subsistència i del pes específic dels pobles en el món actual. El seu desenvolupament continuat i el nivell necessari de qualitat solament són possibles al costat d'una continuada

(*) És possible que altres ho fessin abans o simultàniament, com assenyalà el professor TRUETA referint-se al pensament de Lluís VIVES.

investigació científica. 3) Prenguem per cas que hom estableix que un bacteri presenta l'extraordinària propietat de drenar el cicle de l'àcid cítric, acumulant aminoàcids en el medi durant el creixement. Hi ha individus de la població que tenen aquesta propietat i d'altres que no. Partint d'aquests fets i seguint estrictament una continuïtat d'arguments experimentals, hom arriba a controlar la situació fins al punt de curar aquests organismes fent-los passar a un tipus de regulació metabòlica normal i també de poder comunicar aquesta propietat a voluntat a un altre tipus de bacteri diferent, que mai no l'havia presentada fins ara.

1) i 2) són fets, ens agradin o no. 3) representa una experiència vital fabulosament excitant, sense preu. En ella hi ha la veritable motivació personal de la recerca; l'atracció d'una manera de fer moralment neutra però diabòlicament eficaç.