



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

**Facultat de Filosofia i Lletres
Departament de Filosofia**

**MODELS ONTOLÒGICS I TEORIES
EQUIVALENTS**

Anàlisi d'una caracterització representativa de les entitats
fonamentals en la descripció científica.

Tesi doctoral
defensada per

Jaume Romero Ruiz

sota la direcció del
Dr. Víctor Gómez Pin

Agraïments

Treballar la filosofia pot convertir-se en una tasca solitària. Si bé en el naixement de la disciplina trobem referències a animades converses i debats encesos, la confecció de textos com aquest requereix un esforç individual, allunyat de la presència dels altres. Però fins i tot en un cas així hi ha tota una sèrie de persones que contribueixen en la seva mesura a aquest projecte. Si, com és el cas, aquest treball s'ha anat ajornant al llarg dels anys es tracta d'un nombre considerable que no sabré recordar exhaustivament. En tot cas, vull esmentar a aquells que són més presents i que amb la seva paciència i companyia han tingut un paper d'una forma o altra en aquesta tasca. De les errades i mancances, però, en sóc l'únic responsable.

Vull agrair, per començar, als companys de recerca amb qui ens hem trobat tots aquests anys, als col·legues amb qui hem compartit conferències, classes i debats, i sobretot als membres del Congreso Internacional de Ontología –Ignacio, Gotzon, Makuso i Albert– que m'hagin acollit any rere any com si fos un més.

Amb el Dr. Gómez Pin tinc un deute especial per tants anys de converses i mestratge més enllà de la direcció d'aquesta tesi. D'aquesta relació en quedarà, confio, l'amistat bastida amb el pas del temps.

Finalment, esmentar a la gent que m'acompanya cada dia, els companys d'aquí i d'allà, els amics de l'icdh, la família i la Maria. Tots ells formen part de la meua vida i li donen algun sentit. Imagino que sabran què els ha portat fins al meu costat, jo tinc clar per què estic content que hi siguin.

ÍNDEX.

Introducció.....	3
I. Què entenem per un model científic?	13
1. Una aproximació taxonòmica als models.....	14
1.1. Tipologies habituals.....	14
1.2. Criteris de classificació.....	45
1.3 El vincle entre models i teories	50
2. Es possible una concepció unificada de model?	60
2.1 Definició intensional.....	60
2.2 Concepció genètica.....	63
2.3 Una proposta inclusiva de definició.....	77
II. Models ontològics.....	83
1. Què fa un model? Funcions o usos.....	83
1.1. Heurística.....	84
1.2. Mediadors.....	89
1.3. El model ontològic.....	93
1.4. Els models i la possibilitat de prova.....	101
2. Models ontològics i referència.....	106
2.1. L'explicació científica.....	107
2.2. Teories i models ontològics	123
2.3. Models ontològics com a condició d'intel·ligibilitat.....	134
3. Un cas d'estudi, l'estatus ontològic de la geometria física.....	149
3.1. L'estructura causal.....	150
3.2. L'espai-temps	154
3.3. Les entitats geomètriques.....	160
3.4. Conclusions.....	178
III. Equivalència empírica i models ontològics	181
1. Infradeterminació	181
1.1 Tipus d'infradeterminació.....	183
1.2 Equivalència empírica.....	193
2. Els models ontològics en teories equivalents.....	207
2.1 Identitat subjacent.....	208
2.2 Realisme.....	213
2.3 Criteris d'elecció entre teories.....	222
Conclusions.....	253
Referències.....	261

INTRODUCCIÓ.

El propòsit d'aquest treball és establir un itinerari mental. Un trajecte que ens porta des de la idea que parlem del món a través de representacions –de models– fins a l'anàlisi de les possibilitats que aquestes ens donen per conèixer el que existeix. Es tracta, doncs, d'un relat que lliga conceptes que apareixen relacionats sota una determinada òptica amb l'esperança que siguin eines útils per a la comprensió de la nostra concepció científica.

Quan ens trobem davant de les construccions científiques –sophisticades i precises– que ens han portat fins a les actuals excel·lències de la tecnologia és normal fer-les confiança. Guarim de malalties que ens eren desconegudes, viatgem de formes que excedeixen la capacitat humana o comprem fenòmens que ens semblaven producte de la màgia. La ciència, tanmateix, ens parla d'àtoms i de partícules encara més fugisseres, d'animals que són vehicles de gens sense voluntat però que miren per si mateixos, de masses immenses que desvien la llum i de rellotges que endarrereixen i finalment ens preguntem si el que descriuen no són només ficcions per a explicar-nos –i ajudar-nos a recordar– els fenòmens que observem.

En ciència es parla sovint de models per a referir-se a aquestes explicacions. Models que serveixen per entendre com passa el que s'observa fins i tot pels casos més discutibles, com quan parlem dels mercats o de la consciència. I resulta inevitable preguntar-se si aquest terme –model– fa referència a alguna cosa real, si designa allò que existeix fins a on ho puguem conèixer. De manera que és comprensible partir d'aquí, del model, del seu significat i del seu abast. I de veure si és possible que també ens parli del que existeix.

L'ús de models no resulta nou, ni en ciència ni en filosofia. Ens podem remuntar als esforços de la matemàtica per conciliar les diverses interpretacions trobades per a la geometria i l'àlgebra decimonònica i la corresponent formalització que desemboquen en el desenvolupament de la teoria de models lògica i en els esforços de l'empirisme lògic.

Pel que fa a les ciències empíriques, malgrat que els primers que els prestaren atenció –Nagel, Hempel, Carnap, Braithwaite– no els van atorgar gaire més que un

paper auxiliar, el salt cap a les seves aplicacions i usos en la pràctica científica permet observar la seva rellevància per l'heurística i el desenvolupament de teories. Aquesta tasca l'emprengueren pensadors més propers als nostres temps com Achinstein, Hesse, McMullin o Readhead establint la seva utilitat.

Patrick Suppes propicià un salt qualitatiu en reconèixer la multiplicitat dels seus usos i en obrir la porta a un reconeixement central del seu paper en la construcció de les visions teòriques de la ciència. Aquest camí el seguiren els diferents defensors de la perspectiva semàntica –en oposició a la explicació, que denominarem sintàctica, pròpia dels primers– com Van Fraassen, Giere o Suppe i els estructuralistes Sneed, Stegmüller, Moulines o Balzer que posaren els models al centre de la reflexió científica i la seva vinculació amb les teories.

L'estudi dels diversos usos i tipologies que porten a terme els treballs de Leatherdale, Black o Harré juntament amb les aportacions dels crítics amb la relació convencional entre teories i models –Cartwright, Suárez, Morgan o Morrison– ens condueixen a una recerca pels elements comuns dels casos analitzats per a considerar-los models per igual. I d'aquí neix l'oportunitat de preguntar-se per les característiques essencials de la condició de model amb la idea de plantejar-nos una definició que expliqui o –en un nivell menor d'exigència– englobi els diferents casos.

Un concepte que unifiqui la idea de model resulta convenient si volem veure que permet que ens hi referim en els mateixos termes i quina fiabilitat hi ha darrera del seu ús. Cal que la definició ens permeti conèixer en quin grau podem menysprear o confiar en el que ens diuen i pot, de retruc, oferir-nos noves possibilitats, nous exemples.

I certament, encara que durant força temps s'ha considerat que els models de les disciplines formals –els matemàtics, els lògics– i les ciències empíriques tenien característiques fonamentalment diferents és obvi que mantenen trets comuns que poden permetre que no ho considerem només com un cas d'homonímia.

Així doncs, en analitzar les possibilitats que uns i altres ofereixen podem arribar a la conclusió que el que millor descriu la funció d'un model és el terme *representació*. Un tret que és prou ampli per acollir totes les situacions on observem que intervenen i que ens permet compatibilitzar-ho amb els diversos orígens que tenen.

Una representació, però, que té característiques que van més enllà de les d'una icona. Que manifesta una intencionalitat i que expressa un vincle estructural amb allò que representa que té visos d'isomorfisme. Que exigeix una operativitat, una capacitat de ser manipulada a nivell mental, per explicar la seva potència en l'activitat científica més enllà de l'ús "estàtic", característica més pròpia dels símbols i les icones. Una concepció així, amb un marge d'interpretació considerable, permet explicar perquè ha estat tan difícil trobar els trets comuns dels diferents casos i perquè presenten una diversitat tan gran en la fiabilitat que comporten.

Si apliquem aquesta concepció a d'altres elements de l'activitat científica podem acabar per establir que qualsevol constatació ontològica que pugui fer una teoria respon a la idea de model –un altre tipus– amb una funció explicativa determinada.

Així doncs, en parlar d'ontologies associades a una visió del món podem parlar en termes de model i esbrinar, per tant, si aquesta nova categorització aporta alguna cosa a discussions obertes en altres terrenys. Té sentit aquesta denominació per a referir-nos a les ontologies teòriques, als termes que ens permeten construir una explicació dels fenòmens? Constitueix una eina útil per clarificar algun debat?

Certament. En primer lloc, ens permet visualitzar el paper de l'activitat científica ancorant-nos a la idea que tota explicació dels fenòmens pot ser, en darrer terme, representativa. I això vol dir, també, que partim de la connexió del que volem descriure amb elements que tenen un major grau de familiaritat.

Així doncs, permet entendre, i ens força a tenir-ho present, que les teories científiques també tenen una tasca de representació ontològica, que ens parlen del que suposadament hi ha. Tant si això és volgut com si no, l'explicació científica es fonamenta en entitats que tenen les propietats observades. Una altra cosa és que considerem aquestes entitats veritables, ficcions necessàries, o fins i tot prescindibles. Però les teories les postulen i ho fan amb una tasca determinada per la nostra voluntat de comprensió.

Aprofundint en aquesta visió trobem diverses característiques que ens parlen de la seva vinculació amb la formulació de teories i que ens empenyen a canviar la nostra concepció de les darreres en termes filosòfics. En constatar que una teoria comporta una perspectiva ontològica ens veiem forçats a replantejar la seva

caracterització com una combinació de formalització –lleis i principis generals– amb una aposta ontològica concreta –un model– que ens aboca a considerar que la mateixa formulació pot abastar teories diferents en funció d'aquest darrer.

Així doncs establim –des d'un punt de vista de comprensió filosòfica– que una teoria ha d'incorporar per força un model ontològic. Per fer-ho cal entendre què volem dir quan parlem d'explicació científica i hem d'admetre que en una gran varietat de casos aquesta passa per oferir un relat, ja sigui en forma de mecanisme o d'entitats subjacents, que expliqui el major nombre de fenòmens de manera que podríem considerar natural o, si més no, familiar.

La necessitat de fer-ho és prou peremptòria com perquè –en cas que només es disposi de l'estructura formal– els termes d'aquesta preguin el lloc de la caracterització ontològica de la realitat. És a dir, observem que fins i tot en el cas que es renunciï a una explicació en termes d'ontologia, els conceptes teòrics prendran aquest lloc. Això no és cap sorpresa, però la introducció del model ontològic obliga a fer-ho explícit i fer-ne una tesi fonamental en la caracterització de les teories científiques.

Ara bé, des del moment que s'afirma que una mateixa formalització pot tenir diversos models cal veure com podem ser-ne conscients, en especial quan no s'ha cregut necessari de fer-los visibles. Per a constatar la diversitat de models ontològics que es poden visualitzar sobre una mateixa formalització tenim algun recurs. És el cas dels experiments mentals, alguns dels quals serveixen per confrontar les diferents ontologies que podem proposar en funció de la seva compatibilitat amb les experiències disponibles. Alguns dels experiments més coneguts, per tant, es poden explicar en termes d'extracció dels models implicats de manera que ens hi posicionem a partir de consideracions certament filosòfiques.

La introducció d'aquesta discussió té, a més, l'efecte de renovar la discussió sobre la naturalesa dels experiments mentals –que trobem encarnat en el debat entre Norton i Brown– en la mesura que permet conciliar la idea que es tracten d'arguments més o menys informals amb la consideració que hi ha una certa arrel platònica en alguns d'ells. La darrera consideració es podria explicar, per exemple,

com un desenvolupament del model ontològic implícit de manera similar al desplegament analític d'un concepte.

Justificar totes aquestes consideracions requereix algun exemple mínimament compatible amb les possibilitats que s'han apuntat. Aquest el trobem en l'anàlisi fet en treballs anteriors en relació a la geometria relativista i el caràcter ontològic d'entitats associades a l'espai-temps.

Després de fer una breu revisió dels elements d'anàlisi que intervenen i que poden mostrar alguna relació amb les consideracions ontològiques que ens interessin podem procedir a revisar-los sota la nova perspectiva. Constatem, per exemple, que el debat entre substancialisme i relacionisme o sobre l'existència de les entitats mètriques de l'espai-temps es pot plantejar en termes de models i així ho podem visualitzar, per exemple, en aportar alguns dels experiments mentals relacionats.

L'estudi d'aquest cas ens permet, també, entendre perquè no ha tingut gaire recorregut fins el moment el plantejament ontològic des d'una perspectiva de models. El debat sobre el caràcter substancial de l'espai-temps, per exemple, ha estat restringit a l'àmbit de la filosofia donat que les diferències només es poden plantejar en base a les esmentades ficcions mentals. I en aquest camp la concepció de model no ha estat mai entesa com un instrument sinó com a un objecte d'anàlisi.

Ara bé, la consideració dels models ontològics afegeix elements interessants a les discussions relacionades amb la realitat de les entitats teòriques, de manera que podem veure, també, que ens aporta noves perspectives en l'anàlisi de les teories empíricament equivalents. Es pretén esbrinar, per tant, quines conseqüències podem extreure de la introducció del terme en un debat que és ja força madur.

Analitzarem algunes de les aportacions clàssiques com les que es donen sobre la infradeterminació de Duhem i Quine, les crítiques de Laudan o Leplin i la seva derivada en l'àmbit de les teories equivalents. En relació a aquestes darreres caldrà establir una diferència entre el que podríem anomenar una equivalència provisional, que ens recorda el caràcter provisional de les nostres explicacions científiques i un concepte més fort, més radical, vinculat a una tesi més relativista. La possibilitat que es doni aquesta darrera situació no està garantida i tampoc es tracta d'un concepte

nítidament establert, de manera que les controvèrsies obertes tampoc garanteixen l'existència de diferents teories compatibles per igual amb les dades empíriques. Això, si més no, és el que afirmen alguns d'ells davant de recursos algorítmics de generació com els que ofereix Kukla en afegir consideracions sobre arguments racionals suplementaris o el que podem sospitar en constatar, per altra banda, la possibilitat que tingui caràcter provisional

El model ontològic també introdueix alguna variant al respecte. En efecte, si considerem que dues teories es poden diferenciar només en el model ontològic adscrit trobem que és relativament trivial considerar-les empíricament equivalents sense haver d'esperar cap experiència que estableixi un contrast. Malgrat tot, en estudiar els experiments mentals hem pogut observar que, donats dos models concrets, l'equivalència empírica no està garantida pel caràcter suposadament irrealitzable de l'experiència. La consideració de "mental" no es pot fer de manera definitiva, tal com podem comprovar per alguns casos històrics. És a dir, la possibilitat que els models ontològics s'apliquin exactament a la mateixa formalització no està garantida a priori de manera que ens podem trobar que sigui una situació provisional.

En tot cas, si acceptem que això augmenta la possibilitat de tenir teories empíricament equivalents podem veure que hi ha un canvi a l'entorn del debat sobre el realisme. En efecte, si no podem saber quina de les ontologies compatibles amb els fenòmens és la correcta hem d'admetre que podem estar considerant –per força sembla que hauria de ser així– alguna de falsa.

En revisar les tesis realistes, però, observem que aquestes es poden reduir a dos principis generals que no estan vinculats per igual a la situació anterior. Per una banda trobem que el realisme fa un postulat sobre l'existència del món independentment de la nostra intervenció –el que anomenem la tesi d'independència– i per l'altra afirma –hi confia?– que aquest món autònom és descriptible pels nostres instruments cognitius, el postulat d'accessibilitat.

El primer principi és de caràcter metafísic, ontològic, i hauria de ser la base a la nostra ambició científica. En certa manera forma part de les condicions de possibilitat del debat sobre la ciència. La discussió sobre aquesta tesi el confronta a

L'idealisme que ens situaria en una posició insostenible per a mantenir qualsevol mena de discussió en relació a la ciència. Hem de considerar que, de fet, l'idealisme és també un postulat afirmatiu de manera que també hauria de justificar la seva consideració que, ara per ara, sembla que es fonamenta en la consistència.

Postulem, en tot cas, l'existència independent del món i declarem, també, el seu caràcter unitari. És a dir, de la tesi ontològica del realisme podem derivar el caràcter compatible del que hi passa. Malgrat que el nostre coneixement al respecte sigui fragmentari cal assumir, en virtut d'aquest principi, que si es tracta de proposicions que entren en contradicció com a mínim una d'elles ha de ser falsa.

L'altra tesi, la d'accessibilitat, té caràcter epistemològic i és la que presenta els problemes des de la perspectiva de la infradeterminació i l'equivalència empírica de teories. Si les explicacions que aquest principi garanteix que són possibles sempre tenen una altra d'equivalent a partir de les dades empíriques, com podem reconèixer la correcta? Com triarem entre els models en conflicte?

Els anàlisis habituals sobre infradeterminació ja han tractat aquesta qüestió i ens ofereixen un conjunt de possibilitats al respecte. Habitualment es considera que es pot apel·lar a postulats suplementaris de caràcter formal, tinguts per criteris prou racionals com per ser legítims. Podem afegir-hi, ara, les consideracions respecte el paper que hi jugarien els models ontològics, afegint algun criteri derivat de les consideracions prèvies sobre el tipus de model que estem disposat a acceptar o, si és el cas, la formalització que el sustenta.

Per altra banda, si el que volem és que siguin les dades empíriques constitueixin l'origen exclusiu dels criteris i siguin, per tant, les que ens aportin alguna mena de criteri suplementari no cal que ens resignem a dir que el caràcter d'equivalència no ens ho permet. Certament, el fet que una teoria tingui una potència heurística superior a una altra li confereix, no només més atractiu des del punt de vista del científic, sinó una certa prioritat en la justificació empírica que la fonamenta.

Tot i així, donat que aquest caràcter heurístic està sotmès a un ampli marge de subjectivitat és possible que finalment s'acabi reconeixent que hi ha una dosi considerable d'arbitrarietat en la tria. Aquesta és, entre d'altres, la tesi d'un cert tipus de convencionalisme que va associat, per altra banda, a consideracions escèptiques.

El realisme epistemològic, però, té algun argument que pot aportar també elements d'optimisme donat que aquesta tesi requereix, com a condició necessària, que es doni el principi d'independència. Partint de la base que una de les conseqüències que podem vincular a la tesi d'independència és la d'unicitat del món podem postular que són preferibles aquelles teories associades a models ontològics que tinguin alguna mena de vinculació amb altres models d'àmbits més fonamentals, o fins i tot derivats.

Aquesta consideració fa referència a la possibilitat de reduir unes entitats a unes altres d'una manera similar a la que es dona entre les formalitzacions de les teories en perspectives sintàctiques però –en la mesura que fa referència a les entitats teòriques– en un nivell més abstracte. La reducció que es proposa, doncs, no tindrà els inconvenients formals que es troben en les propostes de reductibilitat entre teories més clàssiques –com la de Nagel– i, si més no, ens permet establir preferències entre models ontològics.

Certament, el mínim que podem observar al respecte, és que els models que presenten incompatibilitats amb d'altres que pertanyin a altres camps relacionats són mútuament excloents. D'aquesta manera, malgrat que no ens ofereixen garanties absolutes, si que ens orienten en la direcció de tria en cas que les ontologies disponibles mostrin comportaments diferents respecte a d'altres àmbits relacionats.

Aquest és, doncs, l'itinerari mental que la nostra recerca al voltant dels models sembla suggerir. S'ha optat –per tal que sigui més fàcil seguir la línia argumental– evitar les discussions exhaustives sobre els temes relacionats oferint, a canvi, les referències que s'han considerat il·lustratives al respecte. Esperem, així, que el relat sigui clar i identificable. El preu a pagar, però, pot haver estat una certa imatge de frugalitat. Certament, en determinats punt es pot arribar a pensar que no s'ha entrat en un debat en profunditat. En els casos que ha estat intencionat la raó ha estat que les diferents posicions al respecte es consideraven igualment vàlides per als nostres interessos. Esperem, en tot cas, que no afectin a la solidesa de la tesi a defensar.

Sigui com sigui, es tracta d'un línia de raonament que no ha de ser necessàriament subscripta en la totalitat però el desenvolupament de la qual fora desitjable que

ofereixi algun element suplementari de claredat en les nostres reflexions sobre el coneixement científic.

Si més no, constatem que la necessitat d'intel·ligibilitat que mou la nostra voluntat és suficient per admetre que les ontologies emergeixen fins i tot en el cas que ens proposem no considerar-les. Així doncs, ens veiem abocats a enfrontar-nos-hi i és preferible fer-ho amb eines que clarifiquin els debats relacionats.

Per acabar, considerarem quines noves línies de recerca es poden plantejar des de la perspectiva oberta per aquests elements d'anàlisi constatant que hem d'admetre que el principal àmbit on convé centrar la nostra atenció és el de l'ontologia en la mecànica quàntica. Aquest, però, és un camp ampli que requereix un treball en profunditat per afrontar en properes ocasions.

I. QUÈ ENTENEM PER UN MODEL CIENTÍFIC?

Els models presenten una gran varietat en la seva caracterització i en la seva funció. No és l'objectiu d'aquest treball fer-ne una anàlisi exhaustiva i per tant no ens interessa ni mostrar una llista completa dels seus tipus ni de les seves funcions.

No obstant, ens cal fer una revisió d'aquestes funcions i naturaleses diverses si volem fer-ne referència i, més endavant, oferir algun tipus de concepció unificadora.

Els models apareixen com a entitat significativa en relació a la reflexió sobre la fonamentació de les teories formals que es dona amb la construcció de les geometries no euclidianes a principis del s. XIX. Aquest fet –juntament amb les aportacions de la lògica– derivarà en la coneguda discussió sobre la fonamentació de les matemàtiques i la seva deriva lògica posterior que propiciarà la idea de *múltiples interpretacions* de formulacions teòriques i finalment a la concepció de model que es consolidarà en l'àmbit de la lògica.

Aquest èmfasi en l'estructura lògica de la teoria com a mètode de clarificació evolucionarà, finalment, cap a una concepció de la ciència en termes essencialment formals, tal com les concepcions sintàctiques de la primera meitat del s.XX formulen.

Els models, però, també són presents de manera freqüent en la pràctica de les ciències empíriques des d'estadis primerencs. En conseqüència no és estrany trobar científics que reflexionen sobre les seves aportacions i consideren la fiabilitat del seu ús. Així, en relació a la “popularitat” dels models entre els científics britànics del s.XIX trobem que Maxwell o Kelvin foren dels primers personatges d'importància a designar alguna cosa diferent del model a escala. Aquests són recollits més endavant a l'estudi detallat de Duhem¹ malgrat que els consideri, finalment, una eina perillosa que només aporta confusió i insisteixi en la idea que la teoria ha de ser presentada de manera ordenada i lògica amb instruments algebraics.

Aquesta caracterització dels models resulta excessivament pobre per a la pràctica amb que es treballa en les disciplines científiques i veurem que la seva tasca és més profunda i amb importants implicacions filosòfiques. Abans de discutir-ho, però, caldria fer-ne una certa revisió del que entenem quan parlem de model.

¹ DUHEM (1962) p.80 i s.

1. UNA APROXIMACIÓ TAXONÒMICA ALS MODELS

Malgrat que no sembli l'ordre lògic per a introduir-los convé aclarir de què parlem quan esmentem determinats tipus de model. És habitual, de fet, afrontar la seva definició —encara per consolidar— a partir d'una enumeració de casos per tal d'entendre què hem considerat un model fins el moment. Així es podrà procedir, després, a veure si tots aquests cauen dins una mateixa concepció que permeti fer-ne una definició unificadora.

Els models presenten una gran varietat que es manifesta en una diversitat ingovernable de tipus. Els criteris que els diversos autors fan servir per a classificar-los contribueixen a aquesta varietat i complica la seva comprensió i què els fa diferents d'altres eines. Trobem, per exemple, referències a models *lògics, analògics, funcionals, matemàtics, teòrics, físics, formals, materials, arcaics, auxiliars, principals, post hoc, complementaris, fenomenològics, simplificadors, abstractes i estructurals*². No és casual, doncs, que se'n parli dels models com un embolic³. El nostre objectiu no es posar ordre a aquesta confusió però pot ser convenient establir per endavant de què parlem quan esmentem alguns d'aquests tipus. Més endavant provarem, a més, d'oferir alguna explicació per aquesta diversitat.

Per començar, en tot cas, acceptarem que els models són alguna mena d'entitat, ja sigui mental o no, que es construeix en referència a alguna cosa, que podem anomenar *objecte*⁴ —en tant que es refereix també a l'objectiu del model— o *assumpte*⁵ —terme que ens permet evitar la lògica inferència del primer amb conceptes de substancialitat.. En fer-ho es pot prendre com a inspiració o punt de partida el que anomenarem *font* o *origen*, que pot ser fins i tot el propi assumpte. Més endavant, veurem que aquesta distinció aporta algun element útil a la nostra reflexió.

1.1. Tipologies habituals.

Els models que s'esmenten més sovint —malgrat que no tots tinguin la mateixa rellevància per a la tasca científica— tenen un àmbit mal delimitat. Alguns exemples són susceptibles de diverses denominacions en funció de la concepció que hi hagi al

² LEATHERDALE(1974), p.50

³ WARTOFSKY, (1979), cap. 1

⁴ Harré proposa els termes *objecte(subject)* i *font(source)*. v. HARRÉ (1970), cap.2

⁵ FALGUERA(1992)

darrera. Veiem-ne els casos més coneguts o els que tenen un interès més clar per al nostre treball.

Models a escala

El que habitualment coneixem com a maquetes, plànols o reproduccions en tres dimensions són clars exemples del que anomenem models a escala. Aquests models mostren algunes de les característiques de l'original a una dimensió que, per les raons que siguin, es consideren més adequades per a la seva observació. Són models materials, ja siguin per reproduir un objecte real o alguna entitat imaginària i, lògicament, es pot donar el cas que les característiques a estudiar requereixin que el material en qüestió sigui el mateix que el del assumpte.

Generalment un canvi d'escala permet que els models representin a mida observable algun objecte que pot ser o massa petit o massa gran per a ser estudiat directament. Així doncs, en aquesta categoria hem d'incloure tant les reproduccions augmentades com les disminuïdes. També podem incloure-hi les representacions bidimensionals de l'objecte com seria el cas de mapes o plànols⁶ malgrat que podríem considerar aquest cas com a susceptible de ser tractat en una altra categoria.

La font del model es pot considerar que coincideix amb l'assumpte i són, per tant, coneguts fins a un cert punt. En comptes de l'esmentada reproducció podem trobar, però, que el model sigui una materialització d'un objecte encara inexistent, com seria el cas dels dissenys, o bé d'estructures que poden arribar a ser abstractes. Tal és el cas de reproduccions mecàniques del sistema solar, models amb esferes de les molècules o maquetes de maquinària. Com en el cas dels mapes, però, hi haurà qui inclourà les reproduccions d'objectes –existents o no– a altres categories.

Aquests models han de deixar de banda característiques que es consideren prescindibles en favor d'allò que es vulgui reproduir en funció de la finalitat perseguida. La indústria, per exemple, pot renunciar a que una reproducció conservi les propietats d'un determinat objecte –com ara la composició material– per poder comprovar el seu comportament elàstic o l'aerodinàmica. Per fer-ho, però, cal que tant les característiques que es volen reproduir com les que s'abandonen siguin

⁶ v. GIERE, BICKLE i MAULDIN(2006) p. 23

conegudes en certa mesura. Es tracta, doncs, d'un cas en què l'original i el model presenten una similitud “sota control”.

Perquè això passi, és clar que la relació entre assumpte i model s'ha de donar dins un context conegut o establert. Podríem dir, doncs, que el model no recull més informació de la que ja és disponible prèviament.

Hi ha la possibilitat, també, de considerar que l'esmentada reproducció a escala és en realitat la font i no el propi model. Es plantejaria així si es vol defensar que aquest darrer és de caràcter immaterial i fins i tot abstracte –un punt de vista habitual per a entendre el caràcter ontològic dels models– i permet, a més, explicar perquè es compensen o corregeixen les propietats que la reproducció només aproxima i perquè no cal considerar que no hi ha més contingut en el model del que ja hem posat en fer-ne la “còpia” com es donaria –per exemple– en parlar d'un model vascular amb una estructura de cables⁷.

En efecte, els models a escala més habituals ni tan sols reproduïen les propietats a estudiar amb gran exactitud de manera que podem dir que *en l'acte de modelitzar* aquestes es conserven o s'aspira a conservar-les només en un grau suficient per a finalitats heurístiques. En abstraure les propietats a considerar de la reproducció podem modificar aquells comportaments que no s'ajustin suficientment al de l'assumpte. Si fos el cas, el model seria, de fet, l'abstracció que en fariem a partir de l'observació de l'objecte a escala.

En tot cas, tot i que aquestes consideracions permeten prescindir d'aquest tipus de model com a un classe diferenciada són una tipologia d'ús habitual per al terme i la distinció d'altres grups és força freqüent així que en mantindrem la nomenclatura i en farem referència amb matisos quan el cas ho requereixi. Per altra banda, l'ús de models d'aquest tipus, orientats a la observació de comportaments no coneguts en relació a les propietats reproduïdes –com podria ser l'aerodinàmica en un vehicle– porten a pensar que aquest control sobre les característiques no és tan gran. És a dir, el model a escala ens dona informació sobre les propietats imitades de l'assumpte.

⁷ HARRÉ (1970) p.46

Models idealitzats

Tal com vèiem en parlar dels models a escala, és clar que trobem que els models estan marcats per la simplificació de les propietats de l'assumpte ja sigui perquè s'ignoren propietats o condicions, s'unifiquen conceptes o es plantegen vies de resolució de mecàniques que siguin familiars. Però hi ha, clarament, un grup de models que tenen aquesta característica com a definitòria. Així, si hom pren un subjecte i el manipula per tal d'obtenir un exemple arquetípic de la classe a la que pertany, som davant d'un tipus de model que poden denominar *idealitzat*. També ho seria el cas en que determinades característiques són considerades com a perfectes o com a mínim millorades. D'aquesta manera podem dir que ens els models d'aquesta mena l'assumpte figura també com a font, ni que sigui a nivell conceptual o parcial.

Les idealitzacions es poden donar de per diverses raons i per tant, en diversos formats:

- Perquè s'han deixat de banda propietats individuals de la font,
- s'han millorat les propietats a considerar,
- s'ha reduït el nombre de propietats,
- es formula una proposta representativa de classe, ja sigui oferint un exemple arquetípic o bé una espècie de mitjana dels membres de la classe.

Podem distingir, aquí, dos mecanismes diferents –que podríem designar com a *idealitzacions* i *abstraccions*– ja sigui el cas que modifiquem les propietats en els dos primers sentits o bé reduïm el nombre de característiques tal com es proposa en els dos darrers.

Així, quan parlem d'una *família model* som davant d'una abstracció que representa una classe d'individus i , en canvi, tenim un *pèndol ideal* en designar una millora de propietats o obviar elements com el fregament o la massa de la corda.

De manera similar al cas anterior, cal fer consideracions teòriques sobre l'assumpte per a formular aquest tipus de models. No es pot establir quines propietats són prescindibles o millorables ni determinar què és un representant d'una classe sense fer algun tipus de judici previ sobre la naturalesa essencial del que es vol mostrar. Tant sigui corregir com obviar característiques només es pot fer si tenim alguna idea “del que ha de ser”. Aquest marc teòric, però, pot ser que no estigui formulat implícitament.

Aquest fet pot portar-nos a considerar que les simplificacions són, en realitat, processos propis d'altres tipus de model que cal tenir present però que no pertoquen a una classe específica. Així, en el desenvolupament de teories en construcció és possible que els models que la sustentin siguin fruit de simplificacions que podem admetre com a provisionals. Es tractaria, doncs, de considerar aquest tipus com una fase primerenca d'altres models.

També es pot considerar que el tractament que es fa de les dades per ajustar-se a determinats models, el que veurem que es coneix com a *models de dades*, són idealitzacions d'alguna mena. Certament comparteix característiques amb aquest tipus com és la càrrega teòrica o l'alteració de propietats del que considerem la font, que en el cas de les dades serien les que anomenem *crues*.

Atenent aquestes característiques podríem defensar que els models a escala són també un tipus d'idealització donat que la reproducció també fa una tria sobretot d'aquelles propietats que no es vegin alterades pel canvi de mida o el suport material, entre d'altres. En les reproduccions a escala és obvi que determinades propietats que són sovint objecte d'estudi, com la resistència estructural o la flexibilitat, es veuen alterades tant pel canvi de mida com per la tria de materials diferents al de l'assumpte. Així, per exemple, el model d'un edifici que vagi més enllà de la representació visual –com podria ser el cas dels models que feia servir Gaudí– té diferències remarcables en relació al pes i la resistència que hom de compensar. Si bé, podríem admetre que tots dos tipus el que necessiten és un marc conceptual que els expliqui també podem considerar que un és un cas particular de l'altre.

Hi ha qui, per altra banda, considera que tot model que fa referència a les propostes d'una teoria és una idealització, tal com veurem en parlar dels models teòrics.

Una contrapartida que comparteix elements de contacte amb els models idealitzats en un sentit certament diferent seria el cas de les caricatures. En aquests tipus ens trobem que les característiques que considerem significatives d'allò que volem mostrar amb el model s'exageren en sentit contrari al de les idealitzacions. Certament, es destaca fins a l'exageració o bé es manipula fins a la paròdia allò que es considera més característic.

Analógies

En la mesura que un model no prova de reproduir cap aspecte perceptible del sistema objecte sinó que només busca la similitud en el conjunt i l'estructura de determinades característiques podem dir que es tracta de eines diferents als casos idealitzats o els models a escala.

L'analogia sembla, en primera aproximació, una relació construïda sobre una qüestió de grau respecte a la reproducció. Es tractaria d'un cas de similitud més feble que els anteriors que pretén mostrar, de manera més operativa, alguna característica estructural de l'assumpte més que no pas un conjunt concret de propietats.

Hi ha qui considera que tots els models són, de fet, una analogia o que, si més no, es tracta de la relació central en la seva construcció⁸ però, malgrat que es pugui donar una caracterització d'altres tipus en funció d'aquesta relació considerarem que es tracta d'una propietat fonamental per als models que no tinguin altres propietats definitòries.

Així doncs, podríem dir que el *model analògic* és aquell que sobretot es defineix a partir d'una relació d'aquest tipus i, per tant, no comparteix amb el seu original un conjunt de característiques ni una proporcionalitat entre magnituds sinó que a un nivell més abstracte conserva una estructura o un conjunt de relacions significatives. Això si, la identitat d'estructura és compatible amb una variació més gran del contingut i d'aquí prové les infinites possibilitats per a construir models analògics⁹.

Malgrat que, certament, l'analogia es pot donar entre objectes de característiques diferents, no podem dir que no comparteixen cap d'elles donat que, en aquest cas. Què justifica l'analogia? Es pot defensar que aquesta es construeix sobre la identitat estructural i això, en diversos tipus, ja representa una propietat compartida. Així, mapes i models de tipus similars es defineixen reproduint l'estructura topològica de l'assumpte o fins i tot la conforme (distàncies i angles).

⁸ HESSE(1970), NAGEL(1981) o BAILER-JONES(2002), per exemple.

⁹ BLACK (1966) p.220

Aquest tipus de model, com els idealitzats, poden deslligar-se del suport material, de manera que poden ser, a diferència dels models a escala, una construcció mental que poden ser expressats, fins i tot, per una descripció lingüística¹⁰.

Per altra banda, les analogies són més explícites en mostrar les característiques pròpies dels models que els tipus vistos anteriorment. Els matisos i diferències que es donen entre assumpte i font, per exemple, són més visibles en el cas dels models analògics que no pas en les idealitzacions o els models a escala.

Un graf per una xarxa de carreteres o per mostrar les diverses opcions per a resoldre un problema, entendre el corrent elèctric com si fos un flux de líquid en canonades, el cervell humà com un ordinador, el sistema monetari com una balança o un sistema de dipòsits d'aigua¹¹ o la societat com un organisme són exemples d'aquesta tipologia.

Però també es consideren sovint analogies models més propis de la representació de la ciència bàsica com l'àtom de Bohr a partir de models planetaris, les ones de l'aigua per a caracteritzar les de llum o les boles de billar per a mostrar el comportament de les molècules d'un gas. Els casos coneguts de Maxwell i Kelvin¹² –amb reproduccions mecàniques dels processos deixant de banda les entitats reals que els duïen a terme– serveixen sovint per il·lustrar aquestes aplicacions al desenvolupament de la ciència bàsica.

Tal com hem vist, les possibilitats que permeten aquests models són amplies. Es poden organitzar en funció del nivell de “contacte” entre font i assumpte, és a dir considerant si l'analogia reproduïx tots els passos d'un determinat procés el que anomenariem *analogia completa* o si es dona només de manera aparent a partir de les condicions inicials i el resultat final, *l'analogia parcial*¹³.

A l'esmentat cas de l'àtom de Bohr, el model entén el comportament dels electrons seguint les lleis electromagnètiques i fent salts de nivell energètic instantanis, a diferència de l'àtom real, i tot i així els estats que descriu concorden malgrat que el comportament de l'assumpte i el del model es distancien en el procés.

¹⁰ NAGEL(1981) p. 98 o BLACK(1966) p.226

¹¹ v. MORGAN(1999)

¹² v. DUHEM(1962) p.85 i s., BOLTZMAN (1974) p. 218 o NAGEL(1981) p.111

¹³ v. HARRÉ (1970) p.45

També es pot atribuir, però, aquest fet a la idea que un model incorpora característiques de diversos àmbits per aconseguir mostrar el comportament que es desitja i això es atribuïble a les limitacions de la teoria que la suporta.

En el cas de l'analogia hidràulica per al corrent elèctric veiem que, en ser completa, tot el procés es pot descriure en termes del model. Fins i tot els conceptes fonamentals que es fan servir per explicar l'assumpte, com ara *intensitat*, *càrrega*, etc. es poden comprendre a partir de similituds amb els conceptes propis de l'analogia.

Aquest fet ens remet a un aspecte de l'analogia que resulta particularment significatiu, el “préstec” terminològic. Tal com es podia intuir en esmentar les analogies econòmiques, en els desenvolupaments de disciplines noves es molt habitual manllevar termes dels àmbits anàlegs. *Inflació* i *deflació*, *expansió*, *creixement* o *fatiga* són termes molt freqüents en la comunicació econòmica que han arribat mitjançant analogies que han tingut el seu recorregut, sobretot en fases inicials de la disciplina.

Certament, aquesta transferència terminològica des de la font a l'assumpte es pot donar en diversos graus:

fent servir els termes de la font amb una definició explícita o afegint qualificadors o matisacions,

establint equivalències més formals entre els termes dels dos àmbits de manera que sigui més explícit de què parlem en un i altre camp

o assumint que el vocabulari és prou adient com per a fer-ne cap descripció de manera que es considera que el context permetrà distingir un ús de l'altre.

En tot cas, l'existència de préstecs terminològics d'un camp a un altre del coneixement pot ser un bon indicador que som davant d'una analogia.

Però probablement, allà on l'analogia té un recorregut més ampli —on les seves aplicacions són més reconegudes— és en relació amb la simulació de processos que permeten la resolució de problemes. És a dir, encara que els termes o objectes no siguin equiparables és possible emular determinats comportaments que permetin entendre o fins i tot preveure estadis posteriors d'allò que es mira de modelitzar. Les simulacions per computació poden ser un cas clar d'aquest tipus d'analogia, per exemple en mostrar els desenvolupaments de cèl·lules vives, que s'estableix entre

objectes de naturalesa molt diferent però que miren de mostrar els mateixos comportaments al llarg d'un procés, potser aprofitant un ritme accelerat.

Sabem que les analogies poden ser “perilloses” en el sentit que no reproduïxin allò que volem de manera adequada o estenguin la seva equivalència més enllà del que es volia. Hi ha, fins i tot, el risc que, prenent el model com a equivalent al conjunt de la teoria, ens condueixi per camins amb poca viabilitat o a plantejar pseudoproblemes¹⁴. Risc, però, impossible de conjurar.

Es pretén, doncs, que aquesta fidelitat, encara que defectuosa, estigui sota control. Sembla clar que, per tenir un grau de certesa convenient cal que disposem d'elements teòrics que ens permetin fonamentar-la amb claredat. Els models, però, es poden fonamentar en un sol conjunt de pressupòsits teòrics (com seria el cas del model de boles de billar per a entendre el comportament molecular dels gasos) o bé en una combinació de principis d'origens diferents. En aquest cas, fins i tot, es pot donar que alguns d'aquests principis siguin prou nous com per haver-los d'enunciar explícitament.

Aquest seria el cas Freud parlant d'energia psíquica combinant principis de termodinàmica amb d'altres de nous i més específics. L'exemple té alguns inconvenients en la mesura que, en ser una teoria de dubtosa confirmació, hauríem de veure fins a quin punt acceptem que es tracta d'un exemple d'analogia reeixit. Això, però, no ha de ser cap inconvenient en la mesura que entenguem que no estem parlant només dels models que “funcionen” sinó de l'ús que en qualsevol moment atorguem a models analògics, sigui quin sigui el seu final.

En el procés de construcció d'analogies intervenen fases i categories diverses de manera dinàmica. Podem parlar, com fa Hesse¹⁵, d'analogies positives, negatives i neutres com a factors essencials a l'hora d'entendre el procés de construcció dels models. Així, en funció del vincle que tenim entre model i assumpte podem dir que aquelles característiques que sabem, o postulem, que comparteixen formen part de l'*analogia positiva*, mentre que les que són explícitament diferents seran les de la *negativa*. L'àmbit de l'*analogia neutra* forma part d'aquells aspectes que encara estan per determinar si formaran part d'un o altre conjunt.

14 v. NAGEL(1981) p.116 i s.

15 HESSE (1970) cap. 1, estenent una idea de J.M.Keynes,

Aquesta proposta, doncs, admet que es té un coneixement limitat de les característiques de l'assumpte que es vinculen amb el model de manera que, tal com dèiem, cal hi hagi una certa consciència de les propietats de l'objecte de l'analogia, sovint possible només en un marc teòric acceptat.

Els models analògics tenen una orientació òbviamment heurística, tal com queda documentat en els estudis historiogràfics sobre el procés d'elaboració de teories científiques i que trobem esmentats a diversos treballs¹⁶.

Alguns dels exemples esmentats són propis de l'àmbit de la resolució de problemes com poden ser els grafs o fins i tot la simulació per ordinador del comportament mental. Això respon a la capacitat que tenen les analogies de transformar processos desconeguts en d'altres de més familiars o bé en simular-ne de massa complexos a partir d'altres que siguin més manipulables –per exemple tractar una galàxia com un gas o accelerar el creixement d'una població en una simulació. Podríem dir, en aquest cas, que l'analogia té un àmbit heurístic quasi privat, en la mesura que la seva utilitat es limiti a la possibilitat d'oferir al científic nous camins per a l'obtenció d'observacions i lleis a confirmar posteriorment per altres vies.

Certament aquest és el camp per excel·lència de les analogies. Aquestes són sovint considerades unes eines potents per a la resolució de problemes o per a l'adquisició i comprensió de teories a nivell personal. I cal que tinguem present que, si bé no sembla que sigui el principal interès de l'àmbit filosòfic si és una tasca essencial en l'activitat científica.

Però malgrat que aquest sigui la seva funció principal no podem negligir la capacitat que tenen les analogies per a permetre desenvolupar i consolidar teories i processos de descoberta científica en àmbits en desenvolupament. Certament, tal com vèiem, aquesta pot subministrar una sèrie de termes que siguin funcionals en fases primerenques de la recerca i en el replantejament conceptual de teories a partir de nous resultats.

¹⁶ HESSE (1953), ACHINSTEIN(1963), BLACK (1966) p.223-225 o REDHEAD(1980)

En aquests cas ens trobem, però, que o bé l'analogia esdevindrà un altre tipus de model en superar aquesta fase o bé les limitacions de la mateixa han de ser vigilades i no són admissibles en una posterior reconstrucció i justificació de la teoria.

Així doncs, ja podem veure que la capacitat de les analogies com a models està supeditada a característiques "externes" que permetin veure si la relació que s'estableix entre model i assumpte ha estat justificada o no. Es pot donar el cas que després d'un procés de justificació es percebi que allò que semblava una relació de semblança ha estat més aviat una "percepció" de l'estructura o el procés "real". Per altra banda, la gran varietat d'opcions que tenim en construir-ne permet sovint establir comparacions que més endavant no es sostenen i no es estrany prevenir-nos de les limitacions de les analogies de qualsevol mena.

Els models analògics, però, gaudeixen d'un grau de solidesa en aquest aspecte, en la mesura que estan tipificats amb més rigor. Caldrà que discutim aquest tipus de qüestions amb més atenció i en un marc terminològic més acurat.

Tal com veiem, però, una analogia presenta alguns inconvenients. El principal problema consisteix a diferenciar-les d'altres tipus de correspondències que es puguin fer servir en tota mena d'àmbits, també el científic. És a dir, quines són les condicions que cal per establir una analogia i què les diferencia de figures de tipus retòric, mental o lingüístic?

La denominació d'analogia, per exemple, porta a una certa confusió en situar els models a un nivell proper a la metàfora. Aquest parentiu permet entendre per què alguns autors han vinculat el paper dels models al nivell instrumental de les analogies i les metàfores¹⁷. Però cal fer-ne una distinció, encara que la denominació ens confongui.

Així, encara que podem reconèixer el préstec terminològic com una atribució també de les metàfores, els models no ens serveixen només per a proporcionar-nos una terminologia (per analogia) més o menys pintoresca o evocativa¹⁸. La seva pretensió és mostrar-nos alguna connexió més profunda de les hipòtesis existencials de la teoria científica que pretén il·lustrar. Les metàfores, en canvi, no aporten

¹⁷ HUTTEN(1953) p.293 o BRAITHWAITE(1953) p.93 i s.

¹⁸ Com així ho admet HARRÉ(1970) p.47

mecanismes explicatius. Així, quan parlem d'electricitat en termes hidràulics, no estem només oferint un mecanisme per a familiaritzar-nos amb la teoria sinó que es postulen també hipòtesis existencials. El *corrent elèctric* no és només una expressió lingüística sinó que ens ofereix una explicació, un mecanisme causal que ens permet comprendre els fenòmens. Això mateix es pot al·legar en parlar de cicles econòmics inflacionistes i deflacionistes i altres termes propis de l'analogia econòmica.

Per altra banda, les metàfores també es poden explicar en termes substitutius – que condueix a una funció *decorativa*– o de similitud –que hem d'acabar reconeixent que és més aviat *creada*. Certament, si les veiem des d'una perspectiva *interactiva* –en la mesura que vinculen dues idees– les metàfores apareixen com una analogia menor, que estableixen una relació arbitrària i limitada entre font i assumpte¹⁹. Fins i tot podem trobar certs casos on es tracta de “residus” d'analogies ja superades, com fem en parlar cosmologies antigues en les nostres descripcions literàries.

Així doncs, ens trobem amb confusions terminològiques que ens expliquen aquesta identificació. Per una banda, trobem que la relació que s'estableix en relació a la metàfora és de tipus analògic que cal distingir de la caracterització que fem dels nostres models, també anomenats analògics. És comprensible, doncs, que s'acabi considerant que tot allò que fa servir la relació analògica és atribuïble a aquest tipus de model, però el que cal entendre és que els models tenen característiques específiques que els distingeixen de la metàfora. Així, podríem al·legar que els models ho són en termes de la seva relació amb l'assumpte –fins i tot hi ha qui considera que només són models si es refereix a fenòmens²⁰– abocant-nos a una definició funcional dels mateixos que afrontarem més endavant. Per altra banda, ni tants sols tenim la certesa que la relació analògica es dona per tots els casos tant de models com de metàfores²¹.

Aquestes confusions terminològiques també es donen en no permetre fer una distinció clara entre el que funciona com a model i la relació que s'estableix amb l'assumpte. És a dir, fem servir sovint el mateix terme per a designar la relació, la

¹⁹ V. BLACK(1966) cap.III

²⁰ v. BAILER-JONES(2002) p. 124

²¹ Rivadulla opina que no a RIVADULLA(2006) p. 199

font i el model en si de manera que ens podem plantejar la distinció a partir de termes diferents com, per exemple, ara *analogia* per a la relació i *anàleg* per a la font²².

Respondre de manera satisfactòria aquestes qüestions és imprescindible per a acceptar les models analògics com a eines útils en la recerca científica. Altrament, si desconeixem els mecanismes que diferencien qualsevol mena de representació d'un model ens trobarem que no podrem fugir de la prevenció habitual respecte aquest tipus de figures i de les argumentacions que s'hi fonamenten.

Per altra banda, la determinació d'aquests mecanismes presenta dificultats tècniques afegides. Està clar que l'analogia es dona entre dos "objectes" (font i assumpte) dels quals triem determinades propietats per a establir el vincle analògic. Però no està clar quin tipus de tria resulta vàlida ni fins a quin punt és acceptable d'establir si un dels dos elements, normalment l'assumpte, és parcialment conegut o de característiques per determinar.

Casos com el model de les boles de billar per a la cinètica de gasos menen a una tria de les característiques a fer. Certament, el color o la temperatura de la font –les boles– no es tenen en compte mentre que es prenen en consideració característiques com la massa o la velocitat. Cal que hi hagi raons per aquesta tria com ara un postulat de caire teòric que estableixi que les característiques mecàniques del model són les úniques rellevants per a l'analogia. Igualment pel que fa a l'assumpte –en el nostre exemple les molècules de gas– del qual es negligeixen propietats. La dificultat òbvia, doncs, està en establir quines d'aquestes propietats són les mínimes per a que el model tingui algun tipus de significació.

L'acceptació d'una analogia parcial entre propietats deixa marge a una tria tan arbitrària com es vulgui que salvi l'existència de les entitats que participen en la correspondència. Algunes de les propietats que es negligeixin, fins i tot, es poden considerar com a resultat d'una certa emergència d'altres que sí intervenen en l'analogia de manera similar a com els empiristes moderns explicaven l'existència de les qualitats secundàries a partir de les primàries adscrites ontològicament –aquestes si– a l'objecte.

Si l'analogia, però, es dona entre dos objectes de manera total –en cas que es consideri possible– aleshores hi ha marge per a la capacitat del model de predir, fins

²² LEATHERDALE(1974) p.16 i s.

i tot, l'existència d'entitats desconegudes. En aquest sentit, la possibilitat que el comportament orbital dels planetes coneguts s'expliqués a partir de l'existència d'un altre planeta abans que fos descobert era acceptable només si es considerava que les característiques del model de mecànica celeste de l'època reproduïa les propietats rellevants dels cossos reals. Només en aquest cas era factible plantejar-se una revisió del nombre d'entitats que composaven el model. Altrament, una anomalia d'aquest tipus és més probable que fos deguda a una deficiència en l'analogia. L'exemple, però, ens mostra la possibilitat que una analogia completa sigui considerada, de fet, un altre tipus de model.

Hem vist, a més, que alguns mecanismes per establir analogies són de tipus compost, incorporant propietats de diverses fonts per a formar el model²³. Aquesta combinació està subjecta, doncs, a la viabilitat real en l'assumpte. En casos com les metàfores que són explícitament fantasioses –un ésser fantàstic format a partir de la combinació d'éssers reals com centaures i unicorns– la possibilitat que aquestes propietats esdevinguin compatibles pot resultar fins i tot sabudament impossible. Però en el cas d'un model el que es vol és que la possibilitat existeixi, no el contrari. Si determinades característiques són d'orígens diferents, cal que hi hagi alguna mena de marc teòric que justifiqui la possibilitat que es donin en la mateixa entitat. Certament els casos positius són més complexes de justificar.

Aquesta situació no és tan estranya com pugui semblar. En certa mesura, el que es donà en el model d'àtom de Bohr-Rutherford tenia condicions similars a les esmentades. Malgrat que partícules com els electrons es suposaven amb massa i participaven de característiques de la mecànica clàssica el model postulava que podien canviar de posició de manera instantània o sense “creuar” l'espai que les separava. Aquesta combinació de propietats s'havia de mostrar compatible si es volia que l'analogia fos acceptable.

Models d'una teoria

El que coneixem com a models d'una teoria o *models teòrics* representen una categoria amb un gran protagonisme en les reflexions sobre ciència. Hi trobem

²³ Múltiplement connectades a HARRÉ(1970) p.49

novament models com el de Bohr per als àtoms, la visió corpuscular de la llum en la mecànica de Newton o la ondulatoria de Huygens, Young i Fresnel, els oscil·ladors harmònics que trobem als llibres de text i, segons el punt de vista, els models cosmològics –aristotèlic, copernicà o newtonià– o la conceptualització del ADN de Watson i Crick.

Tal com podem suposar a partir dels exemples, aquest tipus de model es sol considerar com una concreció física, potser imaginada²⁴, d'una teoria o d'una part de la mateixa. Els podríem considerar instàncies d'aquesta o bé idealitzacions en funció dels seus principis. Tenen una certa component d'objectivació dels elements que postula la teoria i que permet imaginar la mecànica més enllà de la manipulació formal que requereix la formulació teòrica.

En aquest cas, el model esdevé un element relativament accessori per a la validació de la teoria i té un interès més operatiu que no pas justificatiu. Podríem entendre, així, els models com el plantejament mental que concreta les sentències de la teoria –si és que la considerem des d'una formal– i per tant tindria una certa similitud a la idea de *visualització* de les proposicions teòriques en termes d'objectes determinats.

Això explicaria perquè els models d'aquest tipus han estat vistos com a interpretacions de teories enteses com a càlculs formals i perquè trobem que hi ha qui defensa que aquests models són només «(re)conceptualitzacions d'un sistema específic, no ben conegut o comprès»²⁵, és a dir concepcions d'un sistema del món que han estat modificades, i que tenen un caràcter provisional. I així, el caràcter de model d'aquest no canviaria en cas que la teoria es reformulés i quedés superada. Podem, fins i tot, entendre que el procés s'inicia amb la formulació d'hipòtesis existencials que després es tradueixen en un model, la descripció del qual permet obtenir proposicions transformables en observacions²⁶.

La consideració com una categoria apart –la de *models imaginaris*– dels casos on aquesta funció de visualització és més evident donat que es tractaria de plantejaments considerats provisionals o explícitament falsos o fins i tot poc

²⁴ GIERE(2006) p. 24

²⁵ V. FALGUERA (1994b) p.10.

²⁶ HARRÉ(1970) p.55

plausibles és una opció a tenir en compte²⁷. Aquest seria el cas de propostes com la de línies de força del camp electromagnètic de Maxwell a través d'un model mecànic –dels molts que va fer, alguns només analogies– o el més discutible de l'esfera de Poincaré per a mostrar una geometria no euclidiana. El fet que es tracti d'un tipus que podríem considerar provisional o replantejat dóna a entendre que, en tot moment, es coneix que aquests no són descripcions que s'acceptin com a “reals” – sigui el que sigui que el terme vulgui dir– sinó que ja es formulen des del primer moment com a falsos.

La proposta de models imaginaris, però, no sembla que afegeixi gaire valor a la nostra classificació. Per una banda, algunes de les seves atribucions són imputables a les analogies heurístiques i per altra la idea que ens permet visualitzar determinats elements bàsics d'una teoria ja forma part de les característiques generals de diversos tipus de model com les reproduccions a escala o les esmentades analogies. Finalment, el caràcter “fals” d'aquesta tipologia també és atribuïble als teòrics.

No sembla pas, a la vista del procés històric en els casos esmentats, que aquest sigui el cas en la pràctica científica. A no ser que s'admeti que l'estatut de model només se li atorga a aquelles formulacions teòriques que ja han estat superades, defensant així que no es van pensar com a models sinó que van ser plantejats com una altra cosa. Cal entendre que els models teòrics són també part de les teories vigents i no només com a component de la seva construcció històrica sinó que té el caràcter de representació del que la teoria postula com existent. Aquesta posició, doncs, entén que el model teòric ens acosta a la comprensió de les entitats ontològiques que la teoria proposa –afirmació aquesta que caldrà desenvolupar amb més detall– o bé, si es limita a defensar el seu paper en la “heurística privada”, com a una component més de la formulació de la teoria consolidada que permet visualitzar-les.

Per “heurística privada” podríem descriure el procés a través del qual el científic –o l'aprenent, o qualsevol nouvingut a la teoria– adquireix familiaritat i destresa amb la nova teoria tot aprofundint en els conceptes essencials que aquesta postula. Forma part d'aquesta tot aquell aparell conceptual que ajuda a fer-nos una idea del que la teoria postula, encara que després es mostri com a inexacta o directament

²⁷ v. ACHINSTEIN(1971) p.218

falsa. És probable que aquesta sigui una de les raons per les quals es considera que els models teòrics són només eines en la descoberta científica que més endavant seran prescindibles a través de la identificació entre desenvolupament d'una teoria i aprenentatge individual de la mateixa, un cop consolidada.

Finalment tenim l'opció de considerar que qualsevol sistema idealitzat –en termes de satisfacció perfecta dels principis generals de la teoria– sigui un model d'aquest tipus. Es tractaria, per tant, d'aproximacions simplificades per a determinats usos com ara els didàctics, o la constatació que les regles generals d'una teoria corresponen a objectes determinats. Això explica, per exemple, la seva presència en textos divulgatius o formatius²⁸

Aquest seria el cas d'un oscil·lador harmònic simple que s'ajusta completament a les equacions del moviment en termes que apareixen com una interpretació del principis i lleis de la teoria, en aquesta cas els de la dinàmica.

Sota aquesta perspectiva hi ha un cert grau de preeminència lògica per al model. Diríem que aquest és previ, fins i tot històricament, a l'aparició de la teoria sense considerar-los simples bastides en la seva construcció. Tal com podem veure en el cas de l'àtom de Bohr, la tasca heurística sembla que sigui ja assumida per analogies més generals de manera que cal explicar perquè cal una nova categoria i en què es diferencia de l'altra. Certament, els models teòrics són centrals en les fases de desenvolupament de teories no consolidades de tal manera que és comprensible que es vegin com a propostes volgudament efímeres però en el moment que foren formulades no es proposaven com a simples analogies sinó que pretenien ser-ne una composició representativa de les entitats que la teoria considerava com a centrals²⁹.

Així, no podem dir, per exemple, que els corpuscles lumínics newtonians eren simples ficcions que els científics que treballaven en el desenvolupament d'una teoria de la llum sabien que havien de deixar enrere. Sembla més raonable assumir que *encertar* amb les entitats centrals d'una representació operativa del món és vist com un mètode prou vàlid per al desenvolupament d'una teoria i la descoberta de fenòmens que la confirmi. Per tant, malgrat que hom estigui obert a una revisió

²⁸ v. GIERE(1988) p.79 i s.

²⁹ v. MCMULLIN (1968) p. 392 i s.

contínua dels elements que componen el model, està clar que al que aspira el científic en treballar una teoria fins a la seva consolidació és que aquest model sigui, definitivament, el que estarà associat a les futures formalitzacions.

Això explica que, pel cas, de les teories que encara són considerades com a vigents, aquests models encara desenvolupin una funció essencial en la transmissió i comprensió de la teoria. Podem coincidir, en tot cas, que un dels usos d'aquests models radica en l'orientació heurística. Es pot admetre que aquesta sigui d'àmbit col·lectiu en la mesura que la comunitat científica participa dels mateixos models per a la seva recerca o que es facin servir en l'aprenentatge per les noves generacions a través dels textos educatius³⁰. En aquest sentit, doncs, no té sentit parlar del seu valor de veracitat, en la mesura que es tracta de simplificacions i assumpcions específiques.

En una teoria àmpliament acceptada i amb els seus principis fortament consolidats trobem, de fet, models que són considerats com a canònics i que permeten per una banda, facilitar l'adquisició de familiaritat amb els termes de la teoria però també la formulació de simplificacions, potser fins i tot de models idealitzats, a partir de negligir aquells elements que el propi model teòric menysprea.

És a dir, podríem afirmar que els models teòrics també són responsables de *postulats teòrics de rellevància ontològica*. És a dir, ens ajuden a saber a què fan referència els termes d'una teoria quan els esmentem.

Aquest aspecte no és banal, però cal tenir en compte el punt de vista que es defensa respecte les teories científiques. Les perspectives més tradicionals, com la concepció heretada, consideraven que la definició dels termes no corresponia als models i per tant les seves funcions eren molt menors.

El fet que puguem defensar que els models teòrics poden ser-ho de teories normalitzades no vol dir que no siguin també atribuïbles als processos de desenvolupament.

La pròpia prioritat històrica dels models ens indica que, malgrat que es puguin entendre com a models d'un altre tipus, trobem que n'hi ha que responen a les

³⁰ v. GIERE(1988) cap.3

característiques dels teòrics malgrat tenir un cert grau d'independència respecte la teoria. Aquesta situació propicia la temptació de considerar-los alguna cosa a part, elements independents o mediadors. Però en un cas així resulta complicat establir quan passa a ser una modelització fortament lligada a la teoria, fins al punt de ser considerada una realització. En quin moment una analogia, per exemple, passa a ser una caracterització ontològica dels termes de la teoria?

Algunes respostes passen per atorgar un paper essencial a la intencionalitat en l'ús del model, és a dir, establir que una analogia ho és en la mesura que es fa servir de manera reconegudament heurística mentre que els models teòrics tenen volgudament més contingut, fins i tot si després es demostra que ha estat provisional.

Així doncs, els models teòrics tenen alguna funció més enllà de la usual en els models com és l'heurística, en el sentit més ampli. Tal com hem esmentat inicialment es considerava que un model teòric quedava limitat a la tasca, rellevant però no essencial, de proporcionar eines d'aprenentatge i desenvolupament però no li pertocava cap tasca de justificació científica. Certament, els models són essencials en la familiarització amb els termes teòrics i amb les eines operatives que ofereix la teoria. Sovint, la visualització que ofereix el model no es pot igualar amb cap deducció formalitzada. Però si una teoria no és només un càlcul formal la tasca dels models en la justificació de les teories i la seva vinculació amb els fenòmens i l'experiència és imprescindible. Són també l'expressió ontològica dels termes teòrics.

Podria ser, però, que els models tinguin una tasca més rellevant en la fonamentació científica precisament perquè no estan adscrits a cap teoria concreta. En aquest cas, hauríem de descartar l'existència d'aquests models anomenats teòrics i passar a considerar-los membre d'alguna altra categoria.

La majoria de models, fins i tot els que es presenten com associats a teories concretes, incorporen condicions que van més enllà del marc teòric. Trobem múltiples exemples de models que responen a lleis generals que no són elements d'una teoria concreta sinó que formen part d'un entorn més ampli, satisfan condicions de més d'un àmbit, com ara els dels germans London per a

superconductors³¹ o els diversos models atòmics. La qüestió és saber quina mena de models són i si no es tracta d'una situació que es fa extensible a tots els teòrics.

Hi ha la possibilitat, també, que el que creiem que és un model adscrit a una teoria sigui més aviat un tipus que no aspira a construir la seva explicació sobre la base de principis teòrics consolidats sinó que simplement pretén oferir un mecanisme descriptiu dels fenòmens observats i la seva relació. Tal com veurem a continuació, aquest és un tipus de model que té una gran importància.

Per fer-ho encara més complex trobem que, de fet, allò que considerem un sol model pot tractar-se més aviat d'una estructura jeràrquica on trobem dos tipologies diferents. Un tipus, que veurem a continuació, que s'aplica a situacions concretes amb comportaments específics i un altre que enllaci les teories i els fenòmens en concretar els conceptes abstractes fonamentant-se en els principis pont de les primeres³². Aquesta distinció, però, es pot fer innecessària si entenem l'aplicació de la teoria als fets com un procés "descendent" dels models, una des-idealització³³, que permeti que els models teòrics s'apliquin a casos concrets.

Models matemàtics o models fenomenològics.

Un dels usos més freqüents del terme model s'adscriu a la funció que fan equacions matemàtiques i altres descripcions de comportaments de fenòmens, a un nivell que podríem anomenar "superficial". És a dir, sense entrar en les causes profundes dels fets observats i "limitant-se" a establir correlacions entre ells. Generalment es consideren expressions de correlacions matemàtiques entre paràmetres físics triats de manera que podríem considerar arbitrària dels quals deriven lleis d'un domini. De vegades, per aquest caràcter matemàtic reben el nom de models *formals* o, tal com creiem que reflexa millor el seu caràcter, *fenomenològics*. Hi ha, doncs, una renúncia a oferir una explicació causal dels fenòmens a descriure tot i que també es pot donar el cas que el model incorpori parts de teories diferents, sense acabar de compatibilitzar-les de manera formal.

En efecte, aquest tipus de model venen a expressar matemàticament correlacions entre fenòmens o paràmetres físics triats de manera que podem considerar arbitrària

³¹ V. SUÁREZ(1999)

³² Així es planteja a CARTWRIGHT(1999a) p.245

³³ v.GIERE(2004)

com ens mostra el cas que considerem les radiacions còsmiques en col·lisió amb l'atmosfera a partir d'una distribució de probabilitat per després determinar els seus paràmetres a partir de les observacions³⁴. Així, el model es limita a mostrar l'expressió d'aquests fenòmens sense associar-hi cap estructura física

Els models econòmics³⁵ –malgrat que més recents que els altres prou abundants– o meteorològics³⁶, les descripcions en forma de llei de la mecànica celeste de Kepler, el model de Prandtl per al comportament dels fluids en un tub³⁷, el model dels germans London per a la superconductivitat³⁸, les cadenes de Markov per modelitzar el comportament dels clients en una oficina o l'esmentada consideració de la radiació còsmica són casos –alguns típics, altres discutibles– d'aquesta mena.

La varietat de tipologies que mostren aquest tipus de model ha portat a molts autors a denominar-los de diverses maneres, com ara *funcionals*, *matemàtics*, *aritmètics* o *fenomenològics*³⁹ i fins i tot a considerar-los en realitat formulacions d'altres categories.

Hi ha autors que consideren, que quan parlem de models matemàtics fem referència a un tipus específic d'una altra categoria –com pot ser un model teòric⁴⁰ o una analogia amb entitats matemàtiques⁴¹– o que entenen que una equació no és ni tant sols susceptible de ser considerada model i que per tant aquest prové d'un altre lloc. Pel cas de l'equació d'ona, per exemple, sabem que aquesta representa la propagació d'una ona a l'espai i és la corresponent interpretació –que fem en base a aplicacions prèvies– la que fem servir per a descriure les experiències associades⁴².

Efectivament, els exemples esmentats estan majoritàriament orientats a formulacions matemàtiques i les respectives solucions com a descripció dels fenòmens de manera que no és estrany que es designin com a matemàtics⁴³. Trobem casos, però, que no s'expressen amb formulacions algebraiques sinó amb

³⁴ v. McMULLIN(1968) p.390.

³⁵ v. MORGAN(2004)

³⁶ v. LYNCH(2008)

³⁷ v. MORRISON(1999)

³⁸ v. SUÁREZ(1999)

³⁹ LEATHERDALE(1974) p.50

⁴⁰ v. HESSE(1953) p.207 i s.

⁴¹ v. BOLTZMANN(1974) p.218 en referència a Kirchoff

⁴² v HUTTEN(1953) p. 290

⁴³ v. BRODBECK (1959)

descripcions en forma de mecanisme com pot ser els models monetaris amb balances i dipòsits de Fisher⁴⁴.

Per altra banda, cal admetre que d'una teoria que satisfaci àmpliament els nostres requeriments explicatius en podem derivar formulacions matemàtiques perfectament operatives i formalment indistingibles dels casos anteriors. Així doncs, no és el caràcter de formulació en termes de descripció matemàtica el que permet distingir uns d'altres.

Donat que aquests tipus no només és atribuïble a solucions d'equacions està clar que responen a característiques més generals com ara l'absència d'una estructura teòrica que *expliqui* els fenòmens i per tant es tracta de models que es limiten a *descriure's*. Per anar més enllà de la simple enumeració dels fenòmens aquests models ho fan a partir de les generalitzacions matemàtiques però sense oferir raons causals que mostrin perquè són les apropiades. En aquest sentit, doncs, els elements matemàtics són una característica que permet reconèixer-los però, donat que no ho són exclusivament, el que els defineix millor és aquesta descripció fenomenològica i és la denominació per la que optarem.

Si un model d'aquesta mena només té com a ambició l'ajust a les dades empíriques disponibles el que hem de saber explicar és perquè funcionen. Hi ha, probablement, una fase de formulació que inclou un procés, presumiblement privat, d'assaig i error i per tant està clar que s'admet que sempre s'han de considerar propostes provisionals. Però alguns d'aquests casos ja són força contrastats de manera que sembla raonable acceptar que alguna cosa tenen de "veritables" models dels esdeveniments. Hi ha una component clara de predicció que ha de respondre a algun mecanisme. Pot ser que aquest vagi més enllà de la inducció?

Cap model pot ser una simple enumeració de fenòmens. Això ja és incontestable des del moment en què la descripció dels mateixos s'ha de fer en termes que incorporen una càrrega teòrica i una selecció d'allò que es vol descriure.

En els casos històrics en què aquest tipus de model apareix com un pas previ a la formulació d'una teoria aquest fet és clar. Kepler considera que allò que val la pena d'observar i descriure del moviment dels planetes és la distància que els separa del

⁴⁴ V. MORGAN(1999)

focus ocupat pel sol, per exemple, i malgrat que en la seva descripció no inclou altres característiques essencials com la massa dels mateixos està clar que la descripció que fa el model apunta a conceptes que la teoria posterior consolidarà com a centrals⁴⁵. Si bé ens permet entendre que la posició relativa del sol i els planetes és fonamental per a descriure els fenòmens –i això respon a la convicció del propi Kepler de la seva causalitat– serà la teoria gravitatòria de Newton la que descriurà perquè és així. Kepler ofereix una descripció que podríem considerar matemàtica però és la teoria posterior la que explicarà perquè aquesta és la solució d'un problema teòric més fonamental.

Fins i tot si no dubtéssim de quines característiques s'han de tenir en compte a l'hora de registrar els fenòmens, les dades obtingudes es poden correlacionar d'un gran nombre de maneres –més com més petit sigui el conjunt d'observacions– i és normal considerar que el propi model fenomenològic ens apunta la direcció a desenvolupar la teoria. En aquest cas, però, ens trobem que aquests models resultants poden ser considerats models de la teoria tal com en parlàvem anteriorment. Els defensors que un model teòric té sentit principalment en aquest tipus de situacions acceptarien que exemples com el de Kepler són més aviat un model teòric –superat– que no pas una descripció fenomenològica mancada d'ambició explicativa.

Ara bé, què passa quan el model fenomenològic no es dona en un procés de descoberta sinó que s'aplica a situacions on la teoria subjacent és coneguda? Casos com el de la mecànica de fluids en canonades, on les lleis que la regulen són conegudes però sovint esdevenen impossibles de gestionar a partir de models de la pròpia teoria perquè ens abocarien a simplificacions inassumibles o el de la superconductivitat que si bé disposa d'una justificació reductiva al fonament teòric, aquesta va aparèixer força més tard que el model fenomenològic que ja s'havia mostrat solvent. També ho podríem trobar en certes caracteritzacions de la química molecular en veure's incapaç de reduir-la al seu fonament físic⁴⁶.

En aquestes situacions –on trobem més clarament una distinció entre aquests models i la teoria– és on hi ha una apel·lació més clara a l'ús dels mateixos com a

⁴⁵ v. RIOJA i ORDÓÑEZ (2010) secció 3.3.

⁴⁶ v. HENDRY(2010)

eina que transcendeix la darrera. Aquests models, idealment, haurien de ser explicats com una certa *emergència* dels teòrics, més complexos. Haurien de ser *reduïbles*, en termes explicatius, als conceptes que fonamenten la teoria. Podríem pensar que hi ha una regressió justificativa de la mecànica del model i per tant es podrien considerar un nivell diferent, una caracterització orientada a la predicció que és explicable ontològicament en termes de models (si de cas diversos) teòrics.

I és per això que hem de considerar que no són el mateix tipus de model que el teòric i que tots dos tenen una tasca assignada en la recerca.

Els models que provenen de l'àmbit econòmic ens ofereixen la possibilitat de veure les diferències entre aquests tipus de model i els associats a teories. En l'estudi dels casos d'aquesta branca trobem que es donen dos línies de treball. Per una banda una associada a la construcció de models matemàtics i la seva arrel teòrica⁴⁷, i l'altra relacionada amb la modelització estadística i els seus vincles amb les dades empíriques⁴⁸.

Podem entendre aquests models –o alguns d'ells– com a caricatures de sistemes reals⁴⁹, en la mesura que les descripcions proporcionades sovint no busquen tant aproximar com distorsionar els fet del món real. La distorsió es justifica, tot i que clarament en fa una descripció falsa, perquè pot il·lustrar determinats aspectes rellevants del món.

Aquesta distinció enllaça relativament bé amb la que trobem en postulats positivistes en relació a les lleis fonamentals i fenomenològiques. Mentre que les primeres tenen un caràcter més profund –com van tenir les lleis de Newton en cosmologia– les darreres es poden considerar *derivades* de les dades i poden arribar a ser explicades per les primeres. De manera similar, podem entendre la formulació de models en base a consideracions que podríem anomenar fonamentals tenen característiques similars als teòrics⁵⁰ mentre que els elaborats a partir de les dades – en termes de distribució probabilística, per exemple– responen a consideracions fenomenològiques.

⁴⁷ v. GIBBARD i VARIAN (1978) o RAPPAPORT(1998)

⁴⁸ HAAVELMO (1944)

⁴⁹ GIBBARD i VARIAN (1978) p.673 i s.

⁵⁰ HAUSMAN(1992) p.30

Alguns ni tant sols es plantegen postular alguna relació amb possibles explicacions teòriques⁵¹. Models econòmics que es defineixen com a aproximacions probabilístiques que actuen de pont entre teories econòmiques i la seva contrapartida empírica. La falta de condicions que podríem anomenar *de laboratorum* conviden als economistes a fer servir els models per a establir una correspondència entre els dominis de la teoria i de les dades.

Això permet visualitzar com hi ha casos en que els models són entesos explícitament com elements desvinculats d'una proposta teòrica prèvia. En aquest cas, a més, existeix la pretensió que el tractament estadístic de les dades conferirà un certa dosi d'objectivitat a les observacions que permetran una "emergència" de la seva estructura oculta però es reconeix que aquesta no està garantida en la mesura que els models es fonamenten en assumpcions *ad hoc*.

Aquesta mena de models manifesten sense embuts la seva pretensió purament descriptiva. El tractament de dades es fa amb ambició de pautar dades històriques, d'aprofitar experiències passades, talment com en les perspectives instrumentalistes o positivistes.

Així doncs, els models fenomenològics es poden considerar representatius de l'experiència mentre que els teòrics són susceptibles de ser entesos com a interpretacions de les teories⁵². És a dir, entenem que el primer tipus realitza una atribució als fenòmens de determinats comportaments. Certament, fora millor que aquesta representació es fonamentés en raons més profundes que el simple ajust a les dades obtingudes però aquest fet no és inconvenient per al funcionament d'aquest tipus de model. Podem dir que es tracten de models que *s'ajusten als fenòmens*, que en són més fidels, a diferència dels altres que –en base a la teoria– els expliquen, si més no en termes idealitzats.

En funció d'això, està clar que hi ha paràmetres dels mateixos –en l'expressió matemàtica, per exemple– que s'han d'ajustar a partir de les noves observacions. És possible que en els models teòrics aquests ajustos també es donin efectivament, però si en el primer cas aquestes correccions es fan per a encabir noves dades que es sap que modificaran per força els elements del model, en el cas dels teòrics són

⁵¹ V. VAN DER BOGAARD(1999)

⁵² Per exemple a CARTWRIGHT(1999a) p.242

susceptibles de ser explicats, més aviat, en termes de concreció, és a dir de desidealització, d'un plantejament més primari.

El tipus de relacions quantificables que estableix una expressió matemàtica acostuma a ser volgudament simplificada en la mesura que, de manera voluntària o conscient, negligeix o minimitza altres factors que poden arribar a ser rellevants. Podem dir, doncs, que aquests models també són simplificacions en aquest sentit malgrat que la inexactitud d'ajust entre els fenòmens i el model, es veu compensada per la precisió que proporciona l'ús de paràmetres quantificables i "recalibrables".

L'ús del terme model en alguns àmbits com la meteorologia o l'economia que queden al marge dels exemples anteriors en planteja, per altra banda, la possibilitat que aquests models siguin simples analogies. En general, no només en els camps esmentats, és freqüent referir-nos a les equacions i construccions matemàtiques que estableixen alguna relació determinada entre paràmetres donats. Així, podem establir que els models matemàtics són analogies o es tracta de categories fonamentalment diferents?

Certament alguns dels models que hem mostrat com a fenomenològics mostren una mecànica operativa diferent a les analogies. Així, als models econòmics és habitual postular una estructura que doni compte dels fenòmens en un sentit ampli i després es fan servir aquests mateixos per a calibrar els seus paràmetres. Mentre que aquests procediments no semblen gaire habituals per a les analogies, menys lligades a quantitats. Si resultaria més comprensible que es defensés que aquest tipus de model, l'analògic, intervé si més no heurísticament en l'establiment de l'estructura postulada.

De fet, les formulacions matemàtiques poden sorgir de plantejar analogies entre els fenòmens i fonts més conegudes –on altres dades siguin explicades a partir de mecanismes més familiars– i en base a aquesta correspondència desenvolupar, o simplement adaptar, la corresponent expressió. Aquest és el cas d'un dels models esmentats de Fisher –el dels dipòsits– que es pot traduir a un altre model de tipus estadístic. Però no és estrany trobar models matemàtics construïts partint dels propis fenòmens sense la intervenció de representacions externes auxiliars, tal com es pot veure en el cas de les lleis de Kepler o les cadenes de Markov.

Així doncs, la reducció a models analògics no resulta pertinent. De fet, l'analogia es dóna en casos on un dels dos elements, òbviament la font del model, és més familiar que l'altre però tots dos són raonablement coneguts. I si bé això es pot imaginar per un model fenomenològic donat que els fenòmens són només l'expressió empírica d'una estructura oculta –potser causal– no sembla que en sigui una característica comuna a tot model d'aquest tipus. Podríem dir, doncs, que fenomenològics i analògics són models de tipologies i usos diferents malgrat que els primers facin servir, entre d'altres, relacions analògiques per a la seva construcció en tant que representacions de fenòmens⁵³.

El caràcter dels models fenomenològics té importància a l'hora de trobar elements comuns el caracterització dels models. Les seves propietats no són molt similars a d'altres tipologies i ens forcaran a descartar alguna definició que podria resultar útil. Per altra banda, però, no es podem dir que es tracta d'un conjunt a part donat que es pot observar com aquests models tenen un paper fonamental en la construcció de teories i es poden considerar propostes de transició que deuen al seu caràcter conscientment fals la consideració de descripcions matemàtiques, per exemple, més que no pas teòriques.

No és estrany, doncs, que un model d'aquest tipus pugui ser considerat, amb el pas del temps, un representació d'una altra mena que ens mostri, finalment, característiques ocultes de la realitat que descriu. És a dir, podríem parlar d'una certa continuïtat temporal entre la formulació de models fenomenològics i la seva transformació en propostes teòriques un cop es consideren acceptades com a contrastades.

Hem vist, també, que altres casos responen més aviat a un tractament en termes quasi de pura correlació de les dades empíriques. Aquesta situació ens porta a pensar que és possible que hàgim de considerar algun altre tipus que descrigui millor aquestes funció.

⁵³ Per una caracterització que els considera similars v. BAILER-JONES(2002) p.119

Models de dades

Per acabar la revisió de models esmentarem una proposta que es remunta a un parell d'articles de Patrick Suppes⁵⁴ on considera que cal entendre un nou tipus de model per al procés de dades obtingudes de l'observació i que es modifiquen per ajustar-les a una concepció prèvia.

A l'article comença dient que donada la distància entre la teoria i les dades observades cal establir una jerarquia de models de diferents tipus. Tot seguit constata que sovint els models teòrics fan referència a funcions contínues o diferenciables i que en procedir a recollir dades a través de l'experimentació ens trobem que amb una seqüència finita d'observacions el nombre d'aquestes funcions, o de seqüències infinites, que s'hi ajusten és massa gran –matemàticament es pot mostrar que és infinit– de manera que qualsevol experiment pot esdevenir absurdament complex si no fem tot un seguit de pressupòsits que ens permetin simplificar-les i assignar-les a un model teòric determinat. En aquesta línia podem veure que no són les dades provinents de l'experiència les que es contrasten amb el model de la teoria. Cal fer, prèviament, un seguit de supòsits de caire força dràstic per reduir l'aportació experimental a alguna entitat més simple que permeti aquesta comparació.

I continua amb un exemple sobre aquest tipus partint d'un article anterior⁵⁵ sobre els models de teories d'aprenentatge tot mostrant com l'estudi probabilístic es fonamenta en una tria de les dades deixant al marge les característiques trivials o negligibles, com ara el temps de resposta en determinades proves.

Més endavant, desenvoluparà aquesta idea establint una jerarquia més complexa de models entre dades i teoria a partir de la inserció d'un altre tipus de model que anomena *experimental*. Així, per exemple, en relació a un gas, la teoria pot fer enunciacions sobre les característiques de gasos ideals, el model experimental pot fer pronòstics sobre indicadors no ja d'un gas ideal sinó d'un de noble i finalment el model de dades contindrà les lectures concretes d'aquests indicadors, com temperatura i pressió en la realització de l'experiment.

⁵⁴ SUPPES(1960) i SUPPES(1962)

⁵⁵ ESTES i SUPPES(1959)

La raó de fons per a la introducció del model de dades sembla que es fonamenta en la distinció entre les dades sense processar –”brutes”, que no són operatives per a la teoria– i les que passen a formar part dels processos científics. És per això que el model porta a terme la tasca de, entre d’altres coses, eliminar el “soroll”. Es tractaria d’una nova forma d’expressar la distinció entre fenòmens i observacions.

Per altra banda ens podem preguntar si en parlar de models de dades no estem referint-nos als fenòmens entesos a la manera kantiana i en conseqüència obviar la possible diferència entre aquests i dades empíriques. Podem descartar aquesta possibilitat si considerem que els fenòmens són entesos com a característiques estables i reproduïbles que puguin ser detectables de diverses maneres i procediments, donant lloc a diversos tipus de dades experimentals. És a dir, les observacions ens permeten obtenir dades, tal com dèiem ja processades, que corroborin l’existència dels fenòmens estudiats.

Sembla que, de manera simètrica a com alguns models presumiblement es concreten –”des-idealitzen”– per ajustar-se a la informació empírica, les dades s’idealitzen per ajustar-se al model.

En definitiva les dades que no s’ajusten a unes expectatives determinades són considerades “sospitoses” i processades en conseqüència –fins i tot a nivell estadístic. En principi sembla que el que es proposa és que aquesta depuració, no es fa ben bé atenent a una teoria sinó que es fa en funció d’alguna cosa menys formal, en aquest cas un model.

Podríem dir que les dades observades de la posició dels planetes –per exemple les que hauria recollit el mateix Kepler o Brahe– eren corregides per ajustar-se a òrbites el·líptiques, que formaven part de la proposta fenomenològica, més àmplia⁵⁶. Aquestes posicions es poden considerar dades que han estat processades.

Ara bé, cal un nou tipus de model per aquests procediments? Hom podria pensar que els mateixos models fenomenològics, en la mesura que no són aplicacions directes d’una teoria i per tant ja tenen un plantejament més bàsic, poden fer aquesta funció sense massa complicació. A l’exemple anterior, el model fenomenològic serveix per a justificar l’aplicació del de dades. No podríem considerar-los el mateix?

⁵⁶ HARRIS(2003) p.1510

De fet, ens remet a un problema que s'evidencia en parlar d'aquest tipus de dades processades. Què justifica que fem servir aquest procés de depuració? Fent servir els termes de Suppes, per què hauríem de fer les assumpcions dràstiques que esmenta i per què no unes altres?

No sabem sempre quina tria de dades serveix per a confirmar l'existència del fenòmens que esmentàvem. És a dir, no tenim raons que provinguin de les pròpies dades per a triar patrons que corresponguin a fenòmens més enllà de les consideracions teòriques que l'investigador defensa o vol provar. Tal és el cas, per exemple, de si les dades referents a posicions planetàries corresponien a la seva òrbita el líptica: calia afegir l'efecte gravitatori mutu per a justificar aquesta opció tal com explica el pas de la visió de Kepler a la teoria de Newton.

Certament, en veure el cas del model orbital veiem que més enllà de la provisionalitat aquest tipus de model s'hauria de fonamentar en alguna mena de consideració teòrica que tingui una base més ampla, més sòlida. Sense que alguna consideració de tipus causal com la que va introduir més endavant la mecànica newtoniana l'efecte de l'aplicació de models de dades en base a tries fenomenològiques ens aboca a pensar en pronòstics autocomplerts, dades sostingudes en si mateixes. I això ens porta a preguntar-nos quin paper poden tenir en les configuració d'aquests models i en la "objectivitat" de les dades que el model ofereix.

D'aquest condicionant també hi ha algunes referències interessants que ens parlen de com l'ús dels instruments d'observació i mesura comporten una important càrrega teòrica⁵⁷. Però a banda de la idea d'una experiència impregnada de teoria hem d'afegir el fet, no trivial, del calibratge dels instruments, que també permet visualitzar la distinció esmentada entre fenòmens i mesures. Els casos de fenòmens prou coneguts –i amb valors mesurables establerts– permeten el calibratge de l'instrument. Fins i tot hem de recordar que, en general "els experiments no funcionen"⁵⁸ sinó que es tracta, en realitat, de creació de fenòmens, entesos com a regularitats observables.

⁵⁷ v. VAN FRAASSEN (2008) cap. 4

⁵⁸ HACKING(1983) p.229

L'acte de mesurar ens recorda que les dades en brut no sempre són disponibles. I en fer-ho amb entitats tan esquivades com ara els electrons no podem ni parlar de dades pures en tant que les observacions que es facin són inevitablement filtrades i vehiculades pels instruments de mesura, són clarament processades. L'existència de les primeres, i fins i tot dels fenòmens associats, es postula.

Així doncs, hem d'explicar els diversos models de dades possibles estan associats a una sèrie de principis teòrics i de decisions a priori. Això es fa palès en la pràctica de disciplines econòmiques a la fase prèvia per a la construcció d'equacions —és a dir de models matemàtics. És habitual, en aquests casos, que es faci una tria de les dades a recollir prèvia a la confecció d'una proposta matemàtica o formal que permeti donar-ne una explicació com fenomenològica.

Ara bé, són models que s'apliquen de manera explícita i conscient? Està clar que en el cas de la recollida de dades en l'àmbit social hi ha una certa formulació d'hipòtesis que es poden considerar com el nucli del model de dades tot i que també, com hem vist, els podem considerar com a les consideracions troncales del posterior model fenomenològic⁵⁹.

Hem de veure, no obstant, si aquest tipus de representacions prèvies de les dades a recollir no responen a consideracions més fortes, de tipus ontològic que expliquin perquè la tria de dades “depurades” es fa en un sentit i no en un altre. O encara pitjor, la pròpia tria “crea” entitats amb sentit propi que després la recollida de dades reforça.

Els casos de modelització economètrica són particularment il·lustratius. La consideració que les dades són observacions que corresponen a propietats de determinats tipus d'entitats darrera dels processos que es donen en economia només té sentit si aquestes entitats s'entenen com a intel·ligibles i, sobre tot, com a ontològicament rellevants. Recollir indicadors sobre el comportament del *mercat*, per exemple, només té sentit si s'estableix prèviament que aquesta entitat es substancial i va més enllà de la composició dels elements que la formen —en aquest cas els individus que formen el grup social que intercanvia bens i serveis.

⁵⁹ VAN DER BOGAARD(1999)

Tot plegat fa pensar que, fins i tot si es consideren una categoria part, els models de dades apareixen com una aplicació d'altres entitats –ja siguin models, teories o consideracions metodològiques fonamentals– per a la recollida de dades empíriques. En cas que els acceptem com a model propi hem de pensar-los com el nivell més baix en la representació dels esdeveniments a partir dels quals es construirà altres models i estructures en ciències empíriques. Per altra banda, aquest tipus de correccions ens porten a relacionar-les, també, amb la condició de les observacions a través dels instruments de mesura.

Aquest tipus pot tenir un paper també interessant en la caracterització dels models com a intermediaris entre fenòmens i teories que es donen des de determinades perspectives.

1.2. Criteris de classificació.

La selecció feta dels models anteriors no respon a un voluntat de ser exhaustiu sinó a la possibilitat de mostrar alguns dels elements que proporcionen la interacció de la ciència amb els models.

La tria permet veure com alguns dels requeriments que hom li fa a aquests instruments respon a lògiques de resolució de problemes mentre que d'altres tenen objectius més abstractes i orientats a la comprensió de la naturalesa. En la seva construcció apareixen alguns dels elements més habituals de la reflexió sobre ciència com són el paper de les observacions i la seva interacció amb els components teòrics o la justificació que podem trobar per assegurar que una teoria descriu i prediu el que hem observat.

Hem vist, a més, com algunes d'aquestes categories incorporen característiques d'altres classes configurant una taxonomia confusa i amb marge a l'arbitrarietat. Aquest fet, si de cas, respon sobretot a la diversitat de criteris aplicats a l'hora d'explicar què fa que una determinada entitat sigui un model o quins usos se li admeten.

Algunes d'aquestes distincions ni tan sols responen a condicionants tan elaborats sinó a un probable marge al caprici. Així per exemple, les raons que podem oferir per a justificar que un mapa no és un model a escala es poden fonamentar en que

ofereix característiques pròpies de l'analogia. Al cap i a la fi, una fotografia aèria sembla que compleix més els requeriments per a ser del primer grup. Però la distinció entre uns i altres és poc rellevant. Al cap i a la fi, es poden incloure un dins l'altre –això sí, considerant que l'analogia aquí és òbvia– amb ànim simplificador. De manera similar podem parlar de les idealitzacions fins el punt que –com veurem més endavant– hi ha marge per a concebre'ls tots com a mecanismes analògics⁶⁰.

Però si bé la unificació de categories pot simplificar la recerca d'una definició – d'una concepció unitària– dels models, una classificació detallada i diversificada permet comprendre millor l'abast de les seves aplicacions i també la diferència en les seva relació amb altres elements de la ciència.

En tot cas, la varietat de perspectives s'explica per la diversitat de criteris aplicats a l'hora de parlar dels models. Certament aquests responen a objectius diferents i per tant té sentit fer-ne un cop d'ull. Tota aquesta confusió, que no permet consolidar una proposta concreta pel que fa a les tipologies, té relació també amb l'esmentada diversitat de criteris i afecta a la consideració operativa, epistemològica i ontològica que reben.

La relació entre font i assumpte.

Tal com hem comentat en fer el repàs als models triats, una possibilitat és estudiar la relació que s'estableix entre la font i l'assumpte o objecte⁶¹. Aquest anàlisi permet fer classificacions exhaustives tot i que, en certa manera, pressuposa un coneixement força precís de l'assumpte que en certs casos no està justificat.

En distingir entre els dos elements passem a establir una relació d'algun tipus entre ells. Però això no ha de ser necessàriament explícit sobretot si tenim en compte que la font pot ser qualsevol mena d'entitat, real o imaginària, material o abstracta, de manera que resulta complicat establir una vinculació definitòria entre totes dues categories. Es pot donar el cas, per exemple, que la font només ho sigui a nivell privat i que un cop desenvolupat, la vinculació entre el model i la font sigui impossible d'identificar.

⁶⁰ v. LEATHERDALE (1974)

⁶¹ v. HARRÉ(1970) cap. 2

Es constata, per començar, que l'origen ha de ser familiar en major grau que l'assumpte si volem que esdevingui un model amb sentit⁶². O bé les seves propietats són més conegudes d'entrada, o bé la seva naturalesa permet un grau més gran de manipulació, de treball i d'operativitat.

Malgrat tot la relació que s'estableix entre font i objecte pot ser un criteri per agrupar els models en funció del fet que es prengui una com a similar a l'altre o bé s'entengui que són explícitament diferents⁶³.

Per altra banda, la distinció entre els dos elements ens suggereix que, donat que la font permet construir-lo però s'entén com a diferent, probablement en referir-nos a un model estem parlant d'entitats no materials, abstractes.

La distinció entre aquests dos elements és fonamental per Hesse⁶⁴ que fa una anàlisi dels tipus de model en virtut del vincle que hi mantenen.

Així, considera que una formulació que pugui incloure dades, fenòmens o lleis i proposicions ja establertes –el que podríem considerar la font del model– es denominarà model₂ mentre que per model₁ establirem el que entenem per una formulació en forma d'instància d'una teoria o fins i tot de fenòmens prèviament establerts. Podríem dir, simplificant, que el model₁ correspon al que anomenem *un model de* –una teoria, un assumpte– mentre que el model₂ seria *un model per a* –una teoria, una llei empírica. Leatherdale proposa una terminologia diferent i s'hi refereix al tipus 2 com a anàleg importada –*imported analogue*– i al tipus 1 com a tema anàleg –*topic analogue*– vinculant-los a la visió que darrera un model hi ha una analogia⁶⁵ i ens ofereix exemples per aquesta classificació. Així, la divisió d'una gota líquida és un model₂ per la fissió nuclear que seria el corresponent model₁. Igualment, amb un model₂ d'un sistema planetari podem obtenir un model₁ per a l'àtom de Bohr, les ondulacions d'aigua serien una font i, per tant model₂, de les ones de llum o un ordinador seria un model₂ per a la ment humana, aquesta concebuda com un model₁.⁶⁶

⁶² V. BAILER-JONES(2002)

⁶³ Harré els denomina *models homeomorfs* i *paramorfs* respectivament i n'estableix alguns subtipus.

⁶⁴ V. HESSE(1970) p.7 i s.

⁶⁵ V. LEATHERDALE(1974) cap. 1 i p.42.

⁶⁶ LEATHERDALE(1974) p.53 i s.

La distinció descansa en la idea que els vincles que s'estableixen entre models i objectes o fonts són sovint confusos i l'intent de clarificar-ho és lloable però els matisos semblen discutibles. El que si que ens interessa és observar com el concepte de model₁ incorpora la capacitat de fer-nos una representació a través de les teories.

Aplicacions

Els models desenvolupen diverses funcions en la pràctica científica. Gran part d'aquesta varietat respon a aquesta multiplicitat de tasques i per tant a la seva funcionalitat. I això ens permet distingir entre els models a partir de l'àmbit d'aquesta aplicació.

En fer referència als diversos tipus i casos que hem trobat està clar que apareix el criteri d'aplicació del model. És a dir, podem establir una tipologia en funció dels usos i intencions amb que han estat creats o bé són utilitzats.

Així podem distingir entre *model de* alguna cosa, d'alguna teoria, d'un conjunt de fenòmens, d'un procés, i *models per a* algun objecte, amb una llista similar a l'anterior⁶⁷. La distinció entre una expressió i altra es pot establir a partir del grau de coneixement d'aquesta cosa, de l'assumpte. Així, si diem que *A és un model de B* volem donar a entendre que tant A com B són coneguts, en graus diversos, i que la relació que s'estableix de modelització es pot definir amb una precisió considerable. Aquesta és la concepció subjacent, de fet, en els models formals, a matemàtiques, on tant l'estructura definida de manera explícita com el model –potser un conjunt numèric o una estructura geomètrica– són coneguts i sovint es plantegen com un instrument heurístic per a desenvolupar el nostre coneixement de l'estructura modelitzada.

En canvi, en dir que *A és un model per a B* el darrer ens pot ser poc conegut. Fins i tot podem tenir escassa informació, potser alguna propietat expressada per observacions empíriques poc contrastades. Aquest ús encaixa bé amb els models que representen fenòmens sense tenir cap estructura prèvia establerta, com és el cas dels models fenomenològics.

Per altra banda, en parlar d'usos podem fer referència també al caràcter instrumental dels models. Així, un model fenomenològic té un us orientat a la

⁶⁷ Per exemple v. HARRÉ(1970) p.40 o, sota la denominació de representació, VAN FRAASSEN (2008) p.11 i s.

predicció que si bé el podem trobar en altres casos, com els teòrics, poden no tenen el mateix grau centralitat. Aquests darrers, al seu torn, es poden entendre com a instruments per a la comprensió dels mecanismes i conceptes d'una teoria formulada. Les analogies, en canvi, estan generalment orientades a la resolució de problemes que no passen necessàriament per una predicció.

Podem veure aquestes diferències en comparar l'ús d'un graf per a resoldre *el problema del viatjant* amb l'ús que fem de la representació de l'àtom de Bohr o la finalitat que té un model meteorològic.

Estatut ontològic

Es podria, en canvi, establir un criteri per distingir els models en funció de la seva pretensió de realitat, del seu lligam amb els fenòmens. Així, trobem que els models són candidats per a la realitat en un grau variable. De la mateixa manera que rebutgem alguns com a descripcions de mecanismes reals, altres són acceptats favorablement i, finalment, n'hi ha que tenen un estatut existencial encara per determinar. I així trobem, per una banda, models que es refereixen a fenòmens en un sentit ampli, és a dir qualsevol característica relativament estable des del punt de vista científic, i d'altres que ho fan com una expressió d'objectes que es postulen com a reals.

Podem dir, doncs, que té sentit classificar-los en funció d'allò que modelitzen, l'assumpte, i del caràcter ontològic que se li atribueix.

Per als defensors d'un punt de vista metafòric dels models aquestes diferències no són significatives –la distància entre el model i l'objecte li atorga al primer un caràcter irrellevant– mentre que per aquells que entenen el vincle amb les teories com a essencial es tracta d'una distinció fonamental a l'hora d'entendre què fan els models i per què són importants.

Malgrat que generalment altres criteris han estat desenvolupats amb més o menys intensitat i tenen una importància considerable per a la discussió de la fonamentació científica hem de considerar que el caràcter ontològic de la descripció que fan els models del món té un paper central en la interpretació del que les noves descobertes

científiques aporten a la nostra percepció del món. Així per exemple, hi ha qui estableix que es tracta d'una descripció que va més enllà de les dades empíriques⁶⁸.

És a dir, encara que els altres elements i consideracions s'hagin de tenir en compte i que tinguin un paper rellevant per a la filosofia de la ciència el que ens pot interessar més en relació a la consideració ontològica dels coneixements científics és una reflexió sobre com els models estableixen una descripció dels fenòmens i en quin grau ho fan uns i altres.

Així, malgrat que admetent que un model fenomenològic és provisional en la construcció teòrica aquests podrien tenir una altra consideració, hem de pensar que són els models més relacionats amb les teories els que postulen una descripció de les entitats de les quals els fenòmens i les dades observacionals en són l'expressió de les seves propietats.

Certament, aquestes consideracions estan marcades per les lectures que fem en altres àmbits –com ara què entenem que fan les teories científiques, per exemple. Així, una caracterització del coneixement científic que el reduís a una explicació funcional, a una predicció de fenòmens, entendria que tots els models per igual són ficcions sense referent ontològic. Per al realista, en canvi, cal entendre que, més enllà de les dificultats epistemològiques òbvies, la teoria, el model i els elements que comparteixen, ens parlen d'entitats existents –o si més no, aquesta és la intenció– tot postulant que això és possible.

1.3 El vincle entre models i teories

Els models tenen un grau variable de relació amb les teories que s'hi vinculen. Aquest vincle es dona atenent a dos components, per una banda quin “ús” fa el model de la teoria per a explicar la realitat i per l'altra fins a quin punt expressa un sol marc teòric o n'és el resultat d'una combinació de les mateixes.

Aquestes dues possibilitats permeten establir una distinció clara, per exemple, entre models teòrics i fenomenològics, tal com vèiem abans, en la mesura que els primers s'entenen com una expressió concreta del que una teoria estableix mentre que els segons escapen a aquesta concreció i permeten una combinació més àmplia

⁶⁸ McMULLIN (1968) p. 389

de principis de diversos àmbits pagant el preu de la manca de justificació per la tria feta.

Hi ha, però, casos que no són clars. L'establiment d'una analogia, per exemple, pot conduir a la construcció d'un model teòric sense problemes o bé pot proporcionar-nos una explicació dels fenòmens que no es fonamenti en cap justificació causal. És a dir, en cas que vulguem veure els models com a diversos graus d'expressió de teories, els casos analògics s'haurien de plantejar com a simples estadis previs per a l'establiment de models d'altre tipus, aquests sí amb un grau conegut de connexió amb la teoria.

En tot cas, si volem analitzar amb una certa profunditat el vincle d'uns i altres cal establir, primer, què s'entén per una teoria científica. Aquest és un tòpic força treballat⁶⁹ –juntament amb els seus vincles amb els models– però es va plantejar inicialment des d'una perspectiva que prioritzava les teories i que es limitava a veure si els models tenen algun paper essencial en aquestes. En literatura científica, i filosòfica, no és estrany trobar al·lusions al caràcter subsidiari dels models fins a trobar expressions que caracteritzen etapes primerenques d'una teoria com a *fases de model* donant a entendre que estan faltades del consens reservat a les teories consolidades.

La visió sintàctica

Des del punt de vista de Carnap, Hempel o Nagel, del que coneixem com a concepció heretada de la ciència –que també denominarem, malgrat les diferències i matisos positivisme o empirisme lògic⁷⁰– les teories tenien un estatut propi i previ a qualsevol consideració sobre els models. Es tractava de construccions formals de tipus axiomàtic que passaven a ser càlculs sense interpretar. Aquesta perspectiva, que podríem anomenar *sintàctica*, permetia desvincular els elements i proposicions de la ciència de cap concreció material a partir d'una reformulació en llenguatge formal⁷¹.

En aplicar aquesta idea a la física, per exemple, la forma axiomàtica es va considerar prou vàlida gràcies a l'alta matematització de les teories. Això explica la

⁶⁹ v. ACHINSTEIN(1971), BRAITHWAITE(1953), NAGEL(1981), SUPPES(1967) o VAN FRAASSEN(1996) entre molts altres.

⁷⁰ Per les diferències v. NEWTON-SMITH(2000) p. 233 i s.

⁷¹ v. SUPPE(1989) p.39 i s.

proposta de considerar com a possible aquesta formalització en termes de lògica de primer ordre com a condició per a tota teoria científica. Aquestes haviem de ser una construcció feta a partir del càlcul formal on s'establirien els símbols primitius de tipus teòric sense vincular encara amb els termes observats.

Així, els axiomes serien formulacions de lleis que especifiquen les relacions que es donen entre els termes teòrics com *electró*, *càrrega* o *massa*. El llenguatge de la teoria es podria dividir, per tant, en dos parts: els termes observacionals que descriuen objectes macroscòpics o processos, observables, i els termes teòrics el significat dels quals es dona en termes de les seves conseqüències observacionals.

Tota la rellevància recau a la part sintàctica i formal del llenguatge no interpretat de manera que es consideren els models poca cosa més que una guia heurística o didàctica per al científic.

Però, acceptant que una teoria sigui una entitat de tipus lingüístic, no cal que aquesta sigui un càlcul sense interpretar. De fet, hem de defensar que les teories empíriques –o factuais, si ho preferim⁷²– van més enllà de les descripcions del que observem de manera que es formulen hipòtesis que superen l'evidència. És a dir, hi ha implícit el postulat d'una estructura –que en principi es mostra com un model teòric– i que ha de ser una entitat no lingüística, i per tant diferent de la teoria. Aquest model ens permet explicar les dades que suporten la teoria i pot fer referència entitats no-observables, si més no de moment, de manera que hi té una forta implicació en la possibilitat de prosperar de la teoria. És a dir, una teoria, per poc formalitzada que estigui, treballa amb una sèrie de termes que s'han de definir d'alguna manera.

Així, el significat d'un terme com *electró* es pot donar a partir d'altres termes observables com *trajectòria dins una cambra de boira* de l'experiment de Millikan. I per tant els termes teòrics que no tenen observacionals associats no tenen sentit.

Aquesta relació entre els termes teòrics i els observables es dona a través de les regles de correspondència que especifiquen quins són els procediments experimentals admissibles per aplicar la teoria als fenòmens. Per exemple, podem definir *massa* a partir del resultat de certes mesures considerades com a acceptables.

⁷² V. FALGUERA(1994a) p.222n

Així doncs, la teoria –segons la perspectiva sintàctica– té una forma buida que només adquireix contingut semàntic amb un conjunt addicional de definicions, les regles de correspondència, i malgrat que els axiomes siguin sintàcticament descriptibles, sense aquestes regles la teoria es considera que no està interpretada.

La concepció heretada suposava, per tant, que els termes teòrics es podien definir de manera explícita i intensional. Però, per començar, la distinció entre termes teòrics i observacionals no està clara i, en cas que es pogués especificar, seria molt complexa. I els esforços per a expressar els primers en funció dels segons –ja sigui recorrent a la reducció, a les sentències de Ramsey o al teorema de Craig– han estat poc satisfactoris⁷³.

A més, si volem definir el significat dels termes a partir de les seves relacions lògiques ens podríem trobar que ens veiéssim obligats a considerar diferents dos teories en funció de la seva formalització independentment que tinguéssim la certesa que són equivalents.

Aquest inconvenient s'estén fins i tot a la forma en què exposem una teoria axiomatitzada d'aquestes característiques. En la mesura que podem considerar els axiomes de la teoria com a intercanviables ens podem trobar que qualsevol modificació en qualsevol proposició comporta una modificació del conjunt teòric.

Existeix també la dificultat derivada de la possibilitat de proposar més d'un mètode per assignar significat a aquests termes. És més, per alguns casos les regles només es poden considerar interpretacions parcials dels termes. De manera que, en una segona fase, es passaria a definir-los a partir d'unes regles de correspondència – el que Reichenbach anomenaria *definicions coordinatives*⁷⁴– que assignarien significat empíric als esmentats símbols assumint l'existència d'una interpretació del món “real” més o menys directa. Això permet definir aquests elements de manera *extensiva* i és en aquest àmbit podem dir que els models són un element essencial donat que les definicions es refereixen, sobretot, a elements del model més que no pas a objectes de l'anomenat món real. S'entén, doncs, que és en la tria de les

⁷³ V. MAXWELL(1962), per exemple.

⁷⁴ REICHENBACH (1957) p. 37.

definicions coordinatives que podem assignar diferents models i que per tant hi recau el nucli de la interpretació⁷⁵.

La idea de fer servir la formulació lògica per a clarificar teories, doncs, es ressent de dificultats tècniques per a sortir del seu formalisme. Aquesta situació es veu agreujada, a més, pel fet que la idea del model com a interpretació de teories formals no s'ajusta a la pràctica científica habitual.

Sota l'empirisme lògic trobem teories amb un alt grau de matematització però en el cas d'altres disciplines més enllà de la física la disponibilitat d'una teoria formulada de manera similar a les ciències formals és lluny de ser viable. I, en conseqüència, una concepte de model "importat" de les matemàtiques presentarà importants problemes d'ajust quan es tracta d'implementar-lo per al conjunt de les ciències empíriques.

Per començar, les observacions es fan implicant recursos d'alt nivell de la teoria, com els termes teòrics. Les pròpies dades –com hem pogut veure amb els models de dades– s'han de processar i només es consideren inqüestionables –punt essencial per la distinció que fa el positivisme lògic– si no són problemàtiques.

Així doncs, una teoria entesa com a càlcul sense interpretar o no resulta viable o no aporta claredat⁷⁶. De fet, el procés tant de construcció de teories com d'obtenció de models és transversal. Construir un model de nous fenòmens és una tasca difícil i creativa. La visió heretada no deixa lloc per la genialitat, només hi ha espai pel procés creatiu a dos punts: trobar la transcripció adequada, a vista, dels fenòmens que una màquina pugui interpretar o –donat que una màquina així no existeix realment– deduir el teorema corresponent a partir de la teoria amb el tediós procés lògic corresponent. De fet és, en certa manera, el que buscava la tradició positivista en el seu projecte, l'eliminació de la "creativitat" per a convertir la ciència en un generador de resultats.

Aquestes i altres raons porten a un desplaçament d'una visió formalista a propostes on els models tenen un paper més central en la construcció teòrica. Fins i tot si es dona preeminència a la teoria formalitzada i no a les interpretacions com a classe –això és, als models– podem dir que cal plantejar el parell estructura no

⁷⁵ v. ACHINSTEIN (1971) p.117 o NAGEL(1981) p.98, per exemple

⁷⁶ v. SUPPE(1989) p.37

interpretada/col·lecció de models com a una sola cosa a l'hora de caracteritzar una teoria científica.

Propostes semàntiques

Així ho plantegen les anomenades *concepcions semàntiques* de la ciència que podem considerar iniciades amb l'obra de Suppes i que presenten diverses versions⁷⁷ però que coincideixen a establir els models com a components preeminents a la teoria.

Aquestes perspectives capgiren la prioritat lògica i ontològica dels conceptes estructurals de l'explicació científica i plantegen que són els models, fins i tot històricament, els que propicien les construccions teòriques. Malgrat la varietat de mecanismes el més habitual és entendre la teoria com *una classe de models equivalents*. Donat que, a més, la teoria pot tenir diverses formulacions són aquests models allò important.

Consideren que la teoria conté l'estructura comuna dels models, per exemple, definint la classe d'equivalència a partir de certes parametritzacions⁷⁸ —el que podríem anomenar un *espai d'estats*—, a partir de valors concrets per als quals corresponen a un model determinat⁷⁹ o formulant principis generals per a la seva construcció, aproximant-los als fenòmens⁸⁰. Sota aquesta perspectiva la relació entre teories i models en tant que estructural es defineix amb claredat.

El programa estructuralista —per la seva banda— treballa des d'una perspectiva més formal definint amb conjunts una teoria com una estructura conceptual a partir de diversos conjunts de models —potencials, potencials parcials, actuals— i el conjunt obert d'aplicacions intencionals⁸¹.

No hi ha preeminència, aquí, per la formulació lògica dels enunciats formals que representa el fonament de la visió sintàctica. Al contrari, *la teoria deriva dels models*. Però en substituir la formulació sintàctica pels models per a caracteritzar la teoria podem, encara, oferir una axiomatització en buscar el conjunt de principis bàsics que són satisfets per la classe de models. Això permet una caracterització en termes de llenguatge de primer ordre que escapi a l'ús de regles de correspondència en

⁷⁷ v. SUPPES(1960), SUPPE(1989), VAN FRAASSEN (1996) o GIÈRE (1988), per exemple.

⁷⁸ VAN FRAASSEN(1996) p.68 i s.

⁷⁹ SUPPE(1989) p.4

⁸⁰ GIÈRE(2004) p.746 i s.

⁸¹ v. SNEED (1979)

fonamentar-se en la classe anterior. Així, la interpretació dels axiomes, i per tant de la teoria, passa a ser una expressió de pertinença al conjunt de models corresponent. És a dir, són els models els que proporcionen les interpretacions, per una relació de pertinença a un conjunt, i no la teoria la que permet identificar-ne qui és un model i qui no. Per tant, la necessitat d'unificar l'expressió de la teoria passa a ser irrellevant i es pot descriure els models amb diversitat de llenguatges.

En un cas així, no podem dir que els models són elements evolutius que han estat superats per la tasca de desenvolupament de la teoria, però si sembla que són anteriors, en el sentit lògic, a la teoria.

La visió estructuralista converteix, per altra banda, la distinció problemàtica entre termes teòrics i observacionals en una altra distinció més precisa i operativa de termes teòrics i no teòrics. Això vol dir, que es procedeix a definir els primers a partir de la teoria –com aquells termes que no es poden calcular sense fonamentar-se en la pròpia teoria– i considerar els altres per oposició⁸². Així, conceptes com *massa* o *força* han de ser considerats teòrics en relació a la mecànica clàssica perquè no es poden mesurar sense recórrer a teoremes i principis de la teoria mentre que *espai* i *temps* són considerats no teòrics dins aquest àmbit donat que es poden mesurar sense recórrer a lleis mecàniques, per exemple trobant una distància per triangulació.

La versió semàntica de Giere, per altra banda, considera que la formulació axiomàtica de l'estructura teòrica tampoc respon a la pràctica científica. Per ell, la majoria de teories no presenten una formalització ben teixida donat que no tenen les condicions necessàries ni suficients per a determinar quins models o hipòtesis pertanyen a una teoria particular. Això els priva de la capacitat de “generar-los” d'una manera mecànica. Aquesta perspectiva sosté que fins i tot quan es tracten casos ja estudiats com el de la mecànica clàssica la proposta formalitzada a partir d'axiomes fracassa. Així doncs, el que tenim són lleis generals com les de la mecànica o l'equació de Schrödinger que ajuden a caracteritzar els models en la seva representació de sistemes reals.

⁸² v. STEGMULLER(1983) p.69 i s.

Està clar, que en considerar els models com a prioritaris cal ocupar-nos per la vinculació que podem establir entre aquests i realitat si assumim que la teoria és una mena de “derivat” del conjunt de models d’una parcel·la del món. En un cas així la vinculació entre les teories i els fenòmens –el que genèricament anomenem *el món*– es dóna mitjançant els models. La teoria seria, al seu torn, subsidiària d’aquesta relació a l’hora d’oferir una raó de perquè explica el món i els models passen a ocupar la centralitat.

Si només plantegem que s’atengui a les lleis generals, però, aquests models mantindran una relació amb els fenòmens similar al tipus fenomenològic, és a dir una vinculació fonamentada en la seva capacitat per a predir el comportament empíric malgrat no ser capaç d’explicar-lo. Fins i tot per això, però, cal definir altres elements –com les condicions de contorn o els termes específics, com ara la funció de força– que són els que, en afegir-los, ens permeten comparar el model amb els sistema real.⁸³

Això sembla consolidar el rebuig a una visió de les teories com una mena de màquina de generar previsions i models –en la mesura que hom introdueix les condicions inicials d’un sistema real i obté de manera automàtica el model corresponent⁸⁴– donant per superat, doncs, bona part del projecte sintàctic de l’empirisme lògic. Algunes versions primerenques de la visió semàntica, semblen caure també en aquest error en entendre les teories com una mena de catàleg de esdeveniments “precalculats”. En cas que vulguis saber què passa en un determinat estat de coses només has de triar el model concret que suposa aquest estat i ja tindràs el pronòstic fet.

Autonomia dels models.

Podem constatar, però, que no tots els models queden immersos en una classe, una teoria, i per tant no hi ha sempre una teoria per a cada model. Ja hem esmentat casos, en parlar dels models teòrics i fenomenològics, que es plantegen com a combinació de marcs teòrics diversos i fins i tot en aquells models on sembla que aquesta diversitat no té lloc –com podria ser en l’aplicació d’un model de dades– incorporem requeriments d’altres contextos com a les teories de disseny

⁸³ v. GIÈRE (2004) o MORGAN i MORRISON (1999a)

⁸⁴ v. CARTWRIGHT (1999a).

experimental. Hi ha, doncs, un grup de models que gaudeixen d'una considerable autonomia que cal explicar. Trobem, sobretot, els models fenomenològics però també ho poden fer models que si que es refereixen a lleis i principis teòrics més fonamentals però que ho fan combinant-los de manera autònoma. El model dels germans London o el de Ginsburg-Landau per caracteritzar fenòmens de superconductivitat que incorpora conceptes de mecànica quàntica, electrodinàmica i termodinàmica han estat estudiats amb detall⁸⁵.

Així doncs, podem considerar que un conjunt considerable de models són agents autònoms amb una gran varietat de camps d'aplicació tal com podem observar en els processos de formulació dels mateixos⁸⁶. Aquests models es justifiquen, i han de fonamentar les seves aplicacions, en mecanismes diferents als d'una teoria i ens suggereixen un criteri per considerar-los fenomenològics.

El caràcter de representació de fenòmens sembla atribuïble exclusivament als models, com ho fan en hidrodinàmica o en el comportament atòmic, en considerar les teories com a insuficients, en els seus mecanismes, per a explicar aquests comportaments. Aquestes darreres serien simples instruments per a la construcció dels primers, que s'encarregarien d'ajustar-se a les dades empíriques⁸⁷.

Aquests exemples han servit per a criticar les perspectives semàntiques excessivament simplistes però la seva existència no ens força a pensar en les teories com a classes d'equivalència entre models sinó que ens permet entendre que n'hi ha que, en la seva construcció, en queden al marge però que són potencials representants de les proposicions teòriques en termes d'estructura.

En aquest sentit, doncs, recordem que existeix la possibilitat que es tracti d'una condició transitòria⁸⁸. Els exemples d'autonomia que subministrats sovint fan referència a casos que s'han de prendre en perspectiva històrica. Certament es coneixen models desenvolupats al marge d'un cos teòric o en combinació de diverses disciplines però sovint es tracta de propostes que han estat explicades més endavant.

⁸⁵ v. SUÁREZ(1999) i CARTWRIGHT(1999a) .

⁸⁶ v. també MORGAN i MORRISON(1999a)

⁸⁷ v. CARTWRIGHT(2003) cap. 8

⁸⁸ v. DA COSTA i FRENCH(2000) p. 122

Així, el cas dels models de superconductivitat que s'han estudiat van precedir el desenvolupament d'un model més fonamental –teòric, pel seu ajust a la teoria física de base– com és el de Bardeen, Cooper i Schrieffer. De manera que, si bé podem admetre que la relació que es dona entre teoria i model és complexa, és probable que aquest caràcter autònom que se li atribueix només sigui provisional.

En efecte, cal distingir entre un anàlisi estàtic i un de diacrònic en parlar de la vinculació entre uns i altres. Es tracta d'una distinció que es fa visible si fem referència al que són o a la seva construcció. Cal reconèixer, però, la major potència dels models fenomenològics anteriors.

Pel cas dels models de química quàntica⁸⁹ sembla que cap teoria sigui suficient per acollir-los, donat el seu caràcter contradictori, però en fer-ne una aproximació en termes de desenvolupament es constata que encara hi ha marge per aprofitar elements de l'analogia –el que, seguint la denominació de Hesse, anomenariem analogia neutra-⁹⁰ i no podem assegurar de manera conclusiva que no es tracti d'una situació provisional. Reconèixer que la complexitat dels sistemes que es fan servir en ciències de nivell “intermedi” –com la química o les biomèdiques– introdueix problemes específics no altera de manera radical les qüestions que apareixen en la reflexió filosòfica al respecte com ara la possibilitat que els models es puguin adscriure a una teoria concreta⁹¹.

La visió semàntica permet considerar que –en definir una classe de models– les teories hereten la seva capacitat de representar fenòmens encara que siguin en termes de denotació de manera que modifiquen sensiblement la visió que puguem tenir del seu vincle amb els fenòmens i li hem de reconèixer, també, la tasca de centralització del concepte de model en la reflexió científica.

⁸⁹ v. MORRISON(1999) o HENDRY(2010)

⁹⁰ v. DACOSTA i FRENCH (2000)

⁹¹ SUPPE(1989) p.275

2. ES POSSIBLE UNA CONCEPCIÓ UNIFICADA DE MODEL?

Ja hem vist com diversos criteris per a explicar la diversitat de models disponibles condueix a categoritzacions diferents, malgrat que amb un grau de similitud que els fa igualment defensables.

Convé veure –pel bé d’una caracterització del que significa i aporta un model– si és possible establir alguna definició o concepte que els unifiqui. Donat que, en cas contrari, –si acceptem aquesta diversitat de casos com a essencial– estem fent servir una terminologia que potser designaria coses diferents amb el mateix terme. És a dir, ens trobaríem davant d’un cas d’homonímia que hauríem de resoldre escollint quin dels sentits que hi engloba volem tractar.

Els aspectes i funcionalitats que ofereixen han estat estudiats amb detall en diversos treballs⁹² on es constaten les diferències exposades anteriorment. Però convé establir algun tret comú que ens permeti, arribat el cas, formular una definició per reconèixer un model, fins i tot identificar-lo en casos que no ha estat designat com a tal.

2.1 Definició intensional

Preguntem-nos, en començar, què fa que un model sigui considerat com a tal? Es deu a la seva naturalesa, el seu caràcter ontològic, o a la seva relació amb l’assumpte a modelitzar?

Els models que anomenem formals –els propis de la lògica i la matemàtica– són elements àmpliament coneguts que formen part d’una disciplina consolidada i formalitzada, la teoria de models. Aquest tipus respon a una certa noció de descripció o de concreció d’una estructura més abstracta i gaudeixen, per tant, d’un estatut ben conegut de manera que poden aparèixer com un punt de partida òptim. El vincle que s’estableix entre model i teoria està definit de manera operativa i no pateix els inconvenients, per exemple, de les metàfores. Són, de fet, una expressió d’isomorfisme estructural tal com volem expressar en dir que els nombres reals són un model de cos commutatiu que les matrius són model d’un espai vectorial, o que el pla hiperbòlic de Beltrami és un cas de geometria no euclidiana.

⁹² HUTTEN(1954), HESSE(1953), BLACK (1966), HARRÉ(1970), ACHINSTEIN(1971) o REDHEAD(1980)

Precisament, ja hem dit en començar que l'aparició del concepte de model s'ha de vincular al desenvolupament de la reflexió a l'entorn de la fonamentació de la matemàtica que té lloc amb les geometries no euclidianes⁹³ i a la posterior discussió sobre la fonamentació de la matemàtica entre logicistes, formalistes i intuicionistes. Aquests darrers, per exemple, en exigir que els elements acceptables siguin només aquells *construïbles* proposa, en cert manera, la condició d'existència de models per als formalismes teòrics per a acceptar-los com a vàlids.

Les perspectives més primerenques de la lògica –els *Principia Mathematica*, Peano o Frege– havien assumit que els objectes matemàtics es podien definir de manera unívoca a partir d'un sistema formal però Tarski abandonarà aquesta perspectiva per passar a definir el concepte de *veritat* en termes de satisfactibilitat i d'interpretació de manera que es propicia la recerca de models diversos per a un mateix càlcul formal.

En lògica formal, doncs, es considera que un model d'un conjunt de proposicions en un llenguatge adequat és una possible interpretació del llenguatge en que totes les sentències vàlides –des del punt de vista lògic– són satisfetes⁹⁴.

En el cas dels models formals, definits sòlidament d'aquesta manera, ens trobem que tenen una naturalesa similar a la de l'assumpte⁹⁵. Es tracten d'estructures de caràcter abstracte, amb un grau de formalitat i de definició molt alt, com poden ser els de Beltrami o Poincaré⁹⁶. Aquests models, en tant que realitzacions de la teoria es consideren estructures de conjunts i per tant es pensen com a entitats no lingüístiques.

La concepció heretada mira d'aprofitar aquest concepte i partint d'una diferència clara entre teories i models deixa un marge ampli per una caracterització ontològica dels segons. Així, les teories conservarien el caràcter lingüístic i formal que es postula en els perspectives sintàctiques i els models tindrien una naturalesa diferent que s'interpretaria a partir de les seves descripcions.

D'aquesta perspectiva trobem que deriva cert acord per entendre els models com a *entitats no lingüístiques* fins i tot perdura entre els que no comparteixen la visió

⁹³ v. TORRETTI(1984) p.132 i s.

⁹⁴ Per exemple a TARSKI (1953) p.11

⁹⁵ v. BRAITHWAITE (1962) p. 224

⁹⁶ v. HILBERT i COHN-VOSSEN (1952) p.242 i s.

sintàctica del positivisme⁹⁷. Tot i així, tant el positivisme com les interpretacions posteriors permeten concebre els models com a entitats lingüístiques o físiques sempre i quan es pugui resoldre la seva vinculació amb el càlcul formal de la teoria en termes d'interpretació.

Imposar aquesta restricció presenta alguns avantatges però transforma la vinculació amb l'objecte en més complexa. Per una banda, permet incloure com a potencials models una gran quantitat d'elements com ara objectes físics, abstraccions o estructures matemàtiques –conjunts– que donen raó de la gran varietat de casos trobats. Però cal dir que, en contrapartida, és una concepció excessivament restrictiva, en deixar fora descripcions i equacions –en un sentit ampli dels termes– que es pot defensar que són trets essencials en la tasca d'alguns dels models més acceptats. Malgrat això, si podem acceptar que, en fer una descripció o escriure una equació, no canviem de model si la fem en termes diferents –per exemple, en un altre idioma o una altra notació– està clar que sembla una caracterització adient per als models considerar-los no lingüístics.

Altres, en canvi, partint d'una visió d'aquest tipus respecte les teories no tenen inconvenient a acceptar que puguin, al seu torn, fer de models d'altres⁹⁸ de manera que, amb el temps –sota la perspectiva semàntica– aquesta distinció perd rellevància.

La idea que no es tractin d'entitats lingüístiques pot portar a pensar que som davant d'objectes d'alguna mena, mentals o físics. En una línia similar podríem entendre'ls com a *no materials* –abstraccions, representacions mentals– de manera que els models a escala, per exemple, serien fonts per al veritable model que seria la conceptualització corresponent. I el mateix podríem dir de fórmules i descripcions en tant que origen de les entitats immaterials que considerem el model associat. Aquesta abstracció, però, no pot fer-se en termes de definició, malgrat que puguem oferir una descripció, si volem mantenir el caràcter no lingüístic dels mateixos. En fer abstracció d'un avió, posem per cas, a partir d'una reproducció no ens podem limitar a una imatge mental ni tampoc a una descripció del tipus 'el model d'un avió serà tot allò que representi un objecte pesant que vola amb ajuda d'unes ales'.

⁹⁷ v. SUPPES(1960) p.289 o MCMULLIN, (1968) p.389

⁹⁸ BRODBECK(1959) p.583 i s.

En parlar d'abstracció també cal tornar recordar que sota la denominació de model hi podem trobar referències a dos aspectes que porten a confusió. Per una banda, parlem de l'abstracció que podem fer de l'origen –de la font– del model i per l'altra ens hi referim a l'objecte o assumpte. Podríem, de fet, establir relacions de tipus analògic a partir de les abstraccions fetes sobre font i assumpte en termes molt similars a la denominació de model₁ i model₂ al com ja hem vist a la secció 1.2.

Tot i així, establir el requeriment que un model sigui una entitat no material també sembla una restricció excessiva en tant que innecessària, i fins i tot podem considerar-la vague⁹⁹. La quantitat d'elements que han d'intervenir per a permetre aquesta condició semblen en certa mesura, massa gran de manera que no es tracta d'una restricció que sembli imprescindible per a la seva concepció.

En definitiva, malgrat que s'accepta que els models poden ser considerats exclusivament com a entitats no lingüístiques i fins i tot abstractes cal veure que aquestes restriccions no són necessàries. Això ens deixa, però, amb menys elements de caracterització malgrat que, en cas d'acceptar aquestes condicions, complir-les no suposaria que indefectiblement som davant d'un model. És a dir, no sembla que tota abstracció hagi de ser considerada un model de manera que, en la nostra recerca d'una definició de model que aglutini els casos disponibles, apel·lar a les seves característiques ontològiques ens sigui de gran ajuda.

2.2 Concepció genètica.

Descartada la possibilitat de definir els models de manera intensional –en la mesura que les característiques esmentades ni tant sols són determinants– ni tampoc ostensiva –donat que els exemples no ens ajuden a formar-nos un criteri– podem provar de remetre'ns a una certa visió d'origen. Així doncs, en la recerca d'una concepció aglutinadora potser cal centrar-nos en el mecanisme que establím en la construcció d'un model.

En funció de la perspectiva que es tingui sobre la naturalesa dels models i la seva relació amb teories científiques i amb el que s'entengui per realitat es pot pensar que

⁹⁹ FRIGG(2006) p.61

tot model és un tipus d'analogia¹⁰⁰. Això permet explicar la diversitat d'usos i versions que presenten i la dificultat per a establir un criteri que permeti veure què vincula un model amb el seu assumpte. Al cap i a la fi, no sempre som capaços de conèixer amb certesa quins són els elements de contacte entre ambdós objectes, model i assumpte, i l'analogia permet que aquests vincles siguin vagues, provisionals i fins i tot falsos, supeditant-ho tot a un suposat "èxit" en la seva tasca, principalment heurística.

Reduir-los a analogies permet, per exemple, explicar models a escala i les idealitzacions com el resultat d'una relació entre entitats abstractes –no materials– de les quals la maqueta o l'arquetipus corresponent només constitueix una representació més.

Així, en fer una abstracció sobre la font, ja sigui una reproducció, una part d'una teoria o un conjunt d'equacions, obtenim un model que es vincula per analogia amb una altra abstracció, aquesta de l'assumpte, del qual pot ser que només en tinguem constància a partir de fenòmens observats.

Certament, les analogies juguen també un paper important en el desenvolupament de diversos tipus de model. Ens permeten, per exemple, familiaritzar-nos amb termes i entitats, ja siguin nous conceptes o bé elements coneguts de teories consolidades dels quals fem un aprenentatge. Ara bé, si parlem del cas d'una teoria en desenvolupament aquesta acabarà modificant el sentit d'aquests conceptes importats i esdevindran noves entitats, que poden constituir un nou model –ontològic, teòric– de manera similar a com es fa amb les construccions fenomenològiques que han prosperat.

Si estenem, no obstant, la idea d'analogia de manera que puguem incloure qualsevol tipus de model, aquestes tipologies participaran de les dificultats que tenim en parlar de les primeres. Per exemple, en l'ús del concepte d'analogia es donen algunes confusions donat que, per una banda tenim una *relació d'analogia* i per l'altra, allò que es vincula amb l'assumpte a través d'aquesta, és a dir el que en casos determinats anomenem model. Dels models sovint també se'n parla com una analogia, és a dir que també trobem referències al *terme de l'analogia*. En el darrer cas,

¹⁰⁰ Tal com podem veure a HESSE(1970), REDHEAD(1980) o BAILER-JONES(2002), entre d'altres.

a més, la confusió pot ser més gran si no especifiquem si aquest terme és la font del nostre model o el model mateix¹⁰¹.

En el cas de mantenir una comparació entre circuits elèctrics i canalitzacions d'aigua, posem per cas, està clar que es dóna una relació d'analogia entre tots dos. Per altra banda diem que, en tractar els circuits com assumpte, aquests són anàlegs a la circulació de fluids per canonades. Finalment, el vincle real l'establim amb la imatge que ens fem d'aquestes canalitzacions, no amb un cos concret, o general, que actua com a font.

No està clar que la depuració terminològica d'aquests conceptes permeti delimitar l'abast de l'analogia com a explicació per a tot tipus de model. Si de cas, el fet que puguem perfilar clarament la relació ens permetria incloure en la definició de l'acte de modelitzar sense entrar a valorar la naturalesa del que finalment reconeixem com a model o de la font del mateix.

Per altra banda, aquesta visió limita força el que podem esperar dels models i – per altra banda i de manera inesperada– deixa fora eines que també són designables com a tals i que es vinculen a una visió determinada de la teorització científica. L'analogia es contempla, en general, com una eina heurística, pública o privada, i poca cosa més. Els models analògics sovint es construeixen sobre la consciència de diferències amb l'assumpte –pels casos més clars el que denominàvem analogia negativa– que no són trivials. Si entenem que un model a escala és un cas analògic, posem per cas, estem passant per alt que en la reproducció potser s'estan triant les característiques que es consideren essencials, si més no per a l'ús buscat. Fer aquesta identificació amb tot tipus de model elimina la possibilitat que tinguin un entrellat existencial d'allò que descriuen.

Així doncs, no sembla que optar per la reducció del concepte de model a una analogia permeti explicar les diverses instàncies que es presenten ni ens alliberi dels problemes associats a aquesta diversitat. És més, en adoptar aquesta línia podem perdre pel camí casos incontestables –empobrint la nostra idea de model– com serien els models teòrics que abunden als llibres de text, més proclius a la idealització i la simplificació. No obstant, la caracterització final proposada no serà incompatible amb l'ús d'aquesta eina per a construir-los.

¹⁰¹ v. LEATHERDALE(1974) cap.2

Interpretacions

Les limitacions del concepte d'analogia ens conviden a plantejar-nos la idea que l'element central giri al voltant de la reproducció de l'estructura de l'assumpte. La interpretació ens remet a aquesta equivalència estructural entre dos entitats que ja existeixen prèviament.

Per al cas de les ciències empíriques consisteix a creure que allò que és aplicable a les matemàtiques ho és també a disciplines com la física. En matemàtiques, model i teoria no són de naturalesa molt diferent donat que són estructures explicables, en grau variable, en termes de teoria de conjunts de manera que es pot considerar que la interpretació és més aviat un cas d'isomorfisme. Això ho prova el fet que la relació entre teoria i model es pot expressar de manera simètrica, ni que sigui en termes de desenvolupament de manera que no preocupa si la teoria és prèvia al model o al revés. En els processos d'aprenentatge podem veure que tant podem fer servir una estructura formal per obtenir les propietats d'un conjunt —per exemple, el coneixements dels anells per a les matrius quadrades— com actuar al revés —i fer servir els nombres enters com a model de l'esmentat anell. Es tracta, doncs, d'un comportament simètric que es fonamenta en l'existència d'un isomorfisme entre tots dos elements.

Els casos més obvis són de caràcter més formal, com són els grafs, i es poden entendre com instruments per a la resolució de problemes matemàtics. Així, el concepte de model de Tarski és viable com a punt de partida de manera que és possible entendre que el model en matemàtiques (tal com es poden descriure els models formals) i en ciències empíriques respon al mateix concepte. Les diferències, si de cas, es donen en allò que es pregunta al model, el seu ús. Per a mostrar aquesta unicitat, cal considerar la distinció fonamental que una teoria seria una construcció lingüística i el model seria un conjunt d'entitats no lingüístiques i és a partir d'aquí que podem plantejar la possibilitat d'unificació. En aquest cas, les analogies amb entitats físiques en les ciències factuais no són contràries a la seva naturalesa conjuntista. És a dir, el model físic serveix d'inspiració per a la formulació d'un model més abstracte, propi de la teoria de conjunts i per tant similar al de les matemàtiques.

L'associació dels models interpretatius, doncs, sembla tan natural que, en un primer intent de donar un concepte unificat dels mateixos, es va optar per explicar els empírics de la mateixa manera¹⁰². És a dir, la concepció unificadora passaria per definir els models com a interpretacions d'algun tipus de càlcul formal.

Els models teòrics es podrien definir d'aquesta forma. S'entendrien com a interpretacions, no lingüístiques, de les sentències de la teoria. És a dir, ens parlen d'entitats que compleixen les proposicions formulades des del càlcul abstracte. Si s'entén que una teoria és un càlcul formal sense interpretar un model de la mateixa seria simplement una interpretació possible.

Posem l'exemple de les entitats d'un conjunt que poden satisfer els axiomes de la mecànica de partícules¹⁰³. Un model teòric d'aquesta mecànica es pot relacionar amb un de físic interpretant el conjunt de partícules amb –per posar un cas– un conjunt de cossos planetaris. De la mateixa manera les boles de billar es poden considerar una interpretació que constitueixen un model semàntic per la teoria cinètica de gasos,

Aquest procediment, que estableix una formalització i els models físics corresponents com a interpretacions, sembla que permet una formulació més precisa i clara de l'estructura de la teoria, el disseny experimental i l'anàlisi de les dades. Aquest cas i altres d'històrics, com l'ús de models mecànics per Kelvin i Maxwell ens permet entendre de quina manera les reproduccions físiques, com a analogies, poden ser formulades com a models de teoria de conjunts i entesos com a interpretacions de la teoria.

De manera que la idea que tots els models siguin interpretacions de les teories passa per dos condicionants. Que la teoria es pugui considerar un càlcul sense interpretar i que les representacions que ens fem dels fenòmens siguin transformables per analogia en termes de la teoria de conjunts de manera que són aquests darrers els que es prendran com a model interpretatiu. Cal assumir, a més, que el que proposa el model per ajustar-se al llenguatge formal és en certa manera una descripció del món tal com és. I per tant, si fem servir aquesta concepció i ens referim al model com una certa descripció del que una estructura més abstracta ha

¹⁰² v. SUPPES (1960)

¹⁰³ *Ibid.* p.288

definit ens haurem de remetre a la qüestió ja clàssica de la relació entre llenguatge i realitat.

Si un model ve determinat per l'experiència haurem d'admetre que dos models que expliquen els mateixos fenòmens no resultarien empíricament distingibles. Però no sembla el cas. Podem establir diversos tipus clarament diferents per a caracteritzar un conjunt donat de fenòmens de manera que caldria explicar com podem obtenir-los de manera prèvia al seu contrast amb la teoria.

Podem, per exemple, concebre'ls com a descripcions parcials de les observacions que després haurien de ser interpretades per la teoria. Així podríem explicar la varietat de models sobre un mateix conjunt de fenòmens¹⁰⁴. Això vol dir, però, que les observacions no ens permeten determinar un model que després compararem amb les proposicions teòriques sinó que són aquestes les que, de manera suplementària, ens ajuden a construir-los ajudant-nos en la nostra tria dels aspectes a buscar. Així doncs, el mecanisme a través del qual jutgem si un model satisfà les proposicions de la teoria està viciat d'origen.

En canvi, si les afirmacions de la teoria es consideren certes estem dient que els propis fenòmens –o les entitats que postulem com a corresponents– són el model semàntic d'aquella i per tant les analogies habituals esdevenen supèrflues.

Per altra banda, ja hem vist que la idea d'una teoria com un càlcul sense interpretar plantejava problemes tant històrics –en no correspondre a l'activitat científica real– com metodològics. Es pot provar de construir una definició sense considerar la teoria com un càlcul formal? Caldria referir-nos als models empírics partint d'una definició lingüística dels mateixos com a descripcions. Es tracta, doncs, d'atribuir als models un equivalent lingüístic –que podríem anomenar *proposicional*– que permeti lligar-los a través de la idea d'interpretació, amb la concepció de model formal. Així, podríem dir que T' és un *model proposicional* de T si T i T' són conjunts d'enunciats tal que, per cada proposició de T existeix una altra de T' de manera que quan la segona és acceptable la primera és certa o, inversament, quan la primera és falsa, la segona no és acceptable.

¹⁰⁴ BAILER-JONES(2002) p.124

L'ús de descripcions per a establir correspondències amb conjunts de proposicions, tot i que no necessàriament formals, en permetria treballar amb aquesta idea i, fins i tot, definir altres tipologies, com podria *model icònic* per a descripcions coincidents per al model i l'assumpte en els termes anteriors¹⁰⁵.

Aquesta idea, però, sembla menar-nos a una caracterització lingüística dels models donat que, precisament, el que es construeix com a base a la interpretació és el model proposicional que emula la definició de Tarski, si més no pel fet que la condició de satisfactibilitat passa per aquí.

Per altra banda, aquesta lectura és difícil en teories no consolidades –des d'una òptica lògica quin grau més gran de consolidació s'acceptaria sinó la formalització en termes de proposicions– de manera que sembla inevitable considerar que els models en processos de desenvolupament teòric han de ser d'un altre tipus.

En línia amb això, el model per a les ciències empíriques habitualment és anterior a la teoria, suggerint ajustos i plantejaments formals en fases primerenques. De fet històricament els models formals, els matemàtics, també han estat previs a la estructura lògica de la qual en són instància. És per això que una estructura que no tingui models es considera matemàticament irrellevant. No és fins a l'aparició del logicisme que la prioritat lògica s'estableix i es tendeix a pensar, també heurísticament, en aquests termes. Si entenem que alguns models són un element d'inspiració no lingüística la descripció dels quals –encara que sigui de manera provisional– donarà lloc al conjunt d'enunciats i fórmules que acceptem com a teoria aquesta passa a ser lògicament, a més d'històricament, posterior als altres.

Fins i tot, la idea de model d'una teoria –la més afí a la consideració interpretativa– sembla provocar-nos algunes reserves. En certa manera ens apareix com a fonamentada en una mena de derivació. És a dir, es presenten com a models que “emergixen” de la teoria en tant que concrecions parcials de la mateixa i no pas com una entitat que ens ve donada i que comparem amb les proposicions teòriques per a establir el seu estatut de model.

Amb les objeccions semàntiques a la visió formalista de les teories el concepte d'interpretació no es presenta com a natural. Per establir què és una teoria és

¹⁰⁵ v. HARRÉ(1970) cap. 2. p.36

necessari parlar dels seus models i està clar que la definició de model ja no pot fer referència a la primera. Es tractaria, en cas contrari, d'una definició circular.

És més, si fem un cop d'ull a l'ús que es fa en ciències empíriques, la idea que una teoria es concreta en les seves aplicacions a partir d'una mecànica deductiva no correspon a la pràctica. Ja hem explicat que no és estrany trobar exemples on els models incorporen multitud de principis fonamentals d'origen divers –de teories diferents amb àmbits dispersos– o fins i tot casos on la construcció es realitza atenent només a principis generals i lleis en règim de cooperació, com els casos de les aplicacions de mecànica quàntica a làsers o similars¹⁰⁶. És cert, doncs, que podem trobar models que responguin a una concepció interpretativa però també es constata l'existència de molts casos on el model transcendeix l'àmbit d'una sol marc teòric, si és que aquest és formalment definit.

Representacions

En els models teòrics es pot considerar que la teoria és tant la font com l'assumpte del model i per tant encara es poden donar les característiques necessàries per a una defensa en termes d'interpretació. Però el coneixement estructural de l'assumpte en una ciència empírica no sempre pot ser tant exhaustiu com el de la font, sobretot perquè sovint del primer només coneixem la seva expressió empírica. Aquest és el cas dels models fenomenològics. De manera que resulta preferible entendre aquests tipus de models com a *representacions* de l'assumpte, és a dir com una relació binària entre entitats abstractes i allò a representar, fins i tot una parcel·la del món que ens apareix com a conegut només en part. El mecanisme, però, resulta conflictiu i no podem dir que hi hagi consens.

Si entenem que la relació es dona entre entitats lingüístiques tindrà una naturalesa més fàcil de definir però ens aboca a una reducció significativa de les possibilitats. L'atomisme lògic i el constructivisme opten per considerar que és preferible considerar les teories com a càlcul formal i si ens referim als models a partir d'una descripció podríem establir aquesta relació. Però aquestes perspectives confien més en una visió interpretativa de la relació entre models i teories.

¹⁰⁶ Pel cas dels SQUIDS (Superconducting Quantum Interference Devices) v. CARTWRIGHT(1999a).

Podem –per tal d'establir el caràcter no lingüístic de com a mínim una de les entitats que hi participen– establir la distinció entre hipòtesis teòriques i models en funció d'aquest caràcter lingüístic¹⁰⁷. Així, les primeres són una eina necessària per a l'establiment de les segones, de caràcter abstracte.

Aquesta distinció lliga bé amb el criteri funcional que vèiem anteriorment. En efecte, quan diem que *A és un model de B* podem entendre aquesta expressió com una perspectiva interpretativa de la relació. Igualment, si *A és un model per B* ens trobem amb una situació similar per al cas representatiu.

Així doncs, qui estableix aquesta relació –el científic– determina què és un model i és per això que, en terme abreuiats, els elements que intervenen en l'acció de modelitzar es poden visualitzar en l'expressió *S fa servir F per representar A amb el propòsit P*¹⁰⁸. F, que podem identificar com la font del model més que amb el propi model pot ser un conjunt d'expressions verbals, gràfics, fotografies, imatges d'ordinador, fórmules, etc. És a dir, la llarga llista d'objectes i exemples que hem vist fins ara.

Si acceptem que els models tenen una naturalesa immaterial i no lingüística cal que ens referim a ells en termes de la representació que S es fa de A, de manera que si bé l'acció de representar inclou tants de factors al final cap d'ells constitueix el propi model. Podríem, doncs, afegir el terme *M* a la nostra expressió, per designar el model, i acabar declarant que *S fa servir F per representar-se A com a M amb el propòsit P*.

En tot cas, acceptar aquesta proposta ens empeny a una caracterització dels models amb un cert grau d'imprecisió en la mesura que es tracta d'un contingut abstracte que només podem compartir fent referència principalment als elements esmentats, la font, l'assumpte i el propòsit.

Destaquem finalment, la rellevància que té aquest darrer element en el model. Podem dir, en definitiva, que estem parlant d'una representació funcional, fins i tot *operativa*, en la mesura que aquesta relació només té sentit si obeeix al propòsit pel qual es formula i que requereix que M gaudeixi d'una certa capacitat de ser mentalment manipulats.

¹⁰⁷ GIERE(1988) p.80

¹⁰⁸ GIERE(2004) p.743

Es per això que cal fer un cop d'ull al sentit d'aquesta relació. Què vol dir representar? Què es dona entre dos objectes quan diem que un representa a l'altre? Això és necessari perquè una visió massa àmplia d'aquest concepte pot portar-nos a defensar que qualsevol cosa pot representar els fenòmens, per exemple, i per tant ser-ne un model. Entraríem, probablement, en el camp de l'art i això ens allunya d'una explicació satisfactòria de la ciència. Certament, una explicació científica fa altres coses, probablement més selectives, que una expressió artística malgrat que la llibertat creativa pròpia de l'art es pugui donar en determinades fases de l'activitat científica com pot ser en l'heurística privada. Fora defensable, doncs, una visió dels models així d'àmplia¹⁰⁹ malgrat resultar excessiva per a les nostres ambicions.

Haurem de revisar de quina manera els models representen l'assumpte. És a dir, hem de veure si en modelitzar es dona un tipus de representació concret o un qualsevol, equiparant-los a metàfores o símbols. Quines són les condicions per una representació d'aquest tipus?

Cal distingir, per començar, entre els mecanismes que justifiquen la representació –el que podríem anomenar *els constituents*– i els que ens permeten obtenir informació d'allò representat –*els mitjans*– per a entendre que les caracteritzacions d'aquesta relació es fonamenten majorment en els primers sense que ens forcin a fer-los servir com a mitjans¹¹⁰.

En primera aproximació podem parlar d'un isomorfisme entre font i assumpte que estableixi la possibilitat de triar la primera per a la construcció del model¹¹¹. Aquesta caracterització, però, presenta alguns inconvenients. Per començar, els morfismes s'han de donar entre estructures conegudes per tal que puguem emparellar les característiques corresponents. I això, en el cas dels models fenomenològics, per exemple, no es pot assegurar. De fet, l'isomorfisme estructural forma part del que es postula en establir el model, de manera que la tria hauria de fer-se amb raons lògicament anteriors a la de morfisme. Per altra banda, si aquest és el fonament de la representació podríem considerar que qualsevol característica relacionada amb els aspectes que intervenen en l'isomorfisme que demostréssim

¹⁰⁹ V. WARTOFSKY (1979) p.9 i s.

¹¹⁰ V. SUÁREZ(2003)

¹¹¹ VAN FRAASSEN(1996) p.66 o VAN FRAASSEN(2008) p.309

sobre el model passaria a ser una prova sobre l'assumpte. És a dir, podríem acceptar el model com a demostració i no sembla que sigui el cas. Podem establir, com a solució que es tracta d'un isomorfisme entre el representant –el model– i el representat en termes de suposició. És a dir, que *postulem* que el que hi ha a l'altra banda del morfisme té les característiques necessàries per a establir aquesta correspondència.

En tot cas, podem entendre que hem de tractar aquesta possibilitat amb reserves i passar-nos a plantejar que es tracti de *similituds* entre el model i els aspectes del món que es fan servir per a representar¹¹² o bé directament considerar que és tracta d'una relació de *denotació*¹¹³.

Els tres són, de fet, els mecanismes que s'addueixen més habitualment per a parlar de representacions.

Malgrat tot, en analitzar-los observem que tenen seriosos inconvenients per a aplicar-se a tots els casos¹¹⁴. Les primeres caracteritzacions ens mostren una relació reflexiva i simètrica –*A representaria A* i si *A representa B*, *aleshores B representaria A*– que disten de ser propietats que atorguem inicialment a la nostra idea de representació, si més no per tots els casos. És possible entendre que en una gran diversitat de casos podem trobar que qui fa de model pot ser, al seu torn, modelitzat per l'assumpte original –com podem veure pel cas dels exemples de models teòrics en textos educatius o en considerar que una xarxa de carreteres representa un graf o un sistema de sèquies i capgirar els termes i considerar que són els darrers els que representen el primer– però si més no la reflexivitat no és una propietat que entenguem que sigui vàlida per a tota representació.

Podem constatar, a més, que les caracteritzacions de les representacions en termes d'isomorfisme i similitud no permeten explicar ni els errors, les distorsions i les imprecisions que es poden donar en determinats casos –per exemple en fer servir les equacions de la mecànica clàssica com a model *aproximat* del moviment planetari– ni tampoc la direccionalitat de la representació per si sola.

Els intents per donar versions més lleugeres d'aquests dos mecanismes tampoc han tingut més èxit de manera que ens haurem de conformar amb una versió més

¹¹² V. GIERE(2004) p.747

¹¹³ V. HUGUES(1997)

¹¹⁴ V. SUÁREZ(2003)

vague de definició que ens remeti a l'*agent*¹¹⁵. És a dir, és per aquesta raó que apel·lem a la intencionalitat del model de manera que la representació es fonamenta en un isomorfisme en funció de les pretensions d'algú.

Així doncs, ens conformarem –per a la caracterització de models científics– amb un concepte de representació com un tipus de convenció que es dona en lligar un concepte més o menys tangible amb alguna altra cosa. i ho fa partint d'alguna connexió similar a la que es dona entre llenguatge i pensament, escriptura i llenguatge o partitura i so¹¹⁶. Diem, de fet, que *representem* els fenòmens *com* el model –o per alguns la teoria¹¹⁷– en el sentit que els darrers *denoten* els primers. És per això que podem dir que *algú decideix que una cosa representa una altra*. Aquesta caracterització, a més, té la virtut d'explicar perquè si que es donen els casos de reversibilitat esmentats abans. Hi ha, clarament, una simetria que depèn de les pretensions de l'usuari.

Cal, però, evitar que això vulgui dir que el criteri que es fa servir és arbitrari. Si fos el cas –si la representació es tracta d'una convenció arbitrària– aleshores tot símbol compliria amb aquestes condicions i podríem pensar que una paraula, *casa* o *electró*, en són models perfectament acceptables. Però malgrat que el tipus de relació que estableixen models i símbols tenen certament similituds –podríem fins i tot dir que els primers són susceptibles de ser considerats un cas particular dels segons¹¹⁸– hi ha òbviament diferències substancials.

Així, hi ha casos en que la representació no comporta o no s'entén com un model. No sembla que hàgim d'acceptar com a tal qualsevol icona o símbol com podria ser una senyal de transit de manera que resulta raonable distingir entre representacions *projectives* i convencions arbitràries. Què tenen uns i altres per a establir criteris de demarcació?

Els símbols permeten tota mena de tries, sempre que es sotmetin a un tracte convencional, de manera que si, per exemple, parlem del l'origen icònic d'una lletra el fet que la substituïm per qualsevol altre traç no afecta el seu caràcter representatiu en absolut. Ens podem referir, per exemple, a aquest tipus de raons per explicar

¹¹⁵ FRIGG(2006) p.54

¹¹⁶ V. BOLTZMANN (1974) p.213

¹¹⁷ HUGUES(1997)

¹¹⁸ FALGUERA(1994b) o ECO(1988)

L'origen del caràcter de la lletra *alfa* (α) com a simplificació d'un brau, però la seva substitució per qualsevol altre símbol, tal com es fa en els missatges codificats, no afecta la seva representativitat. De fet, la tria del brau com a representant del so *a* certament ja ens pot semblar arbitrària malgrat les raons històriques que s'haguessin donar¹¹⁹.

Els models, en canvi, no tenen aquesta mena de ductilitat. És més, es pot acceptar que un model perdi la seva condició per a esdevenir un símbol, però un símbol difícilment pot esdevenir un model.

Es tracta, doncs, d'assenyalar que el model és una convenció representativa subjecte a alguna restricció malgrat que reconeguem un cert caràcter arbitrari. Certament podem assenyalar diferències de criteri en la tria d'un model per sobre d'un altre per raons de conveniència, però aquestes no ens forcen al seu ús de manera que podem observar que hi ha marge per una certa arbitrarietat. Tot i així, en parlar de models tractem representacions que es construeixen amb el concurs de la font, per començar, i que per tant les projectem sobre l'assumpte.

Així en establir un model M per a A cal que es doni les condicions per tal que la font de M, d'on prové com a objecte mental, sigui preferible o projectable. L'esmentat exemple del so d'alfa ens mostra que si bé el cas de les escriptures primitives es poden considerar en un primer moment un cas de projecció, el fet que la font ja no sigui evocada ni recordada converteix la representació en arbitrària, i per tant en un símbol.

En aplicar els elements d'anàlisi lingüístic a la representació de models podem veure que, de la mateixa manera que entre el signe i allò que representa, el referent, es donen relacions complexes, amb sentits de diferent ordre –com la distinció entre sentit immediat i dinàmic¹²⁰– també hem de tenir en compte diversos aspectes en la vinculació entre model i assumpte. Així, el segon també presenta dos perspectives que potser cal diferenciar en els casos concrets, com pot ser una referència intersubjectiva –més estàtica, associada a una concepció objectiva– i una més dinàmica, individual, que es pot associar a percepcions o fenòmens individuals.

¹¹⁹ v. HARRÉ (1970) p. 37

¹²⁰ v. FALGUERA(1994b)

Aquest tipus de consideracions es tradueixen en usos diferents que poden respondre a fases de formulació d'un model en desenvolupament –o fins i tot de la teoria que propicia. Està clar que les situacions que es donen en la construcció de models, com també en la dels signes, no coincideixen amb el que pugui passar en cas que es vulgui aprofitar un de ja existent per a nous assumptes o referents. Finalment també trobem que estan subjectes a dinàmiques de millora de manera que van modificant la forma en què representen el referent.

El caràcter representatiu sembla idoni per a explicar la forma com treballen els models fenomenològics. Són aquests els únics que poden explicar-se en aquests termes? Certament les analogies, si acceptem que formen un grup diferent, o les reproduccions a escala o simplificades es poden justificar com a representacions.

Les teories –com ara la mecànica clàssica, l'electromagnetisme o la mecànica quàntica– necessiten un altre tipus de model que els permeti encaixar els conceptes abstractes en entitats concretes. Així doncs, trobem que els models associats, que podem considerar expressions operatives dels postulats de la teoria, es poden defensar com a interpretacions, tal com ho fa la concepció heretada. Així, doncs els models teòrics presenten una associació més cara a instàncies interpretatives de les teories de manera que es pot defensar que existeixen dos tipus de definicions per als models que permeten terminologies diferents.

Aquesta distinció, però, passa per acceptar que les teories no proporcionen de manera natural eines de representació del món, dels fenòmens, de manera que els models associats a aquest tipus de vincle –els que considerem representatius– es dissocien clarament de les propostes de la teoria. És a dir, els models que miren de representar els fenòmens a través de les dades empíriques no estan lligats a una teoria. Només ho poden fer models que en certa manera n'escapen, com els fenomenològics, que en són representacions. Això explica la perspectiva que considera que els models representatius són entitats d'una altra mena –intermèdies entre fenòmens i teories– considerant-los, per tant, un element diferent de l'activitat científica.

2.3 Una proposta inclusiva de definició

Sembla que ens veiem obligats a defensar que hi ha clarament dos tipologies diferents en funció del seu vincle amb teories o fenòmens. Però aquesta distinció no sembla que sigui gaire conciliable amb l'experiència. Si aquest fos el cas hauríem d'explicar com un model que en el procés de desenvolupament es pot considerar representatiu dels fenòmens esdevé una interpretació teòrica i perquè.

Òbviament convindria més l'alternativa d'establir una definició que unifiqui els dos tipus de model. És a dir, explicar un mecanisme a partir dels termes de l'altre de manera que els puguem definir finalment com interpretacions o bé com a representacions per a tots els casos. Ja hem vist, de fet, que es va provar de fer sota la concepció d'interpretació de teories i que no va resultar convincent.

Ens queda, doncs, l'opció de reduir-los a tipus de representació. Aquest concepte té un marge de maniobra prou ampli per explicar perquè una mateixa teoria o un conjunt de fenòmens tenen diversos models tot i que aquesta diversitat d'opcions no sempre és considerada admissible. Una teoria es pot entendre que té un sol model associat si, com veiem en parlar del neopositivisme, aquella comporta una sèrie de definicions coordinatives que són concretes. És a dir, en concebre que una teoria no és un càlcul sense interpretar podem entendre que ja porta incorporada una *representació conceptual* de la part del món sobre la que treballa de manera que es postula que tota teoria es vincula a un únic model¹²¹.

Ara bé, aquesta visió respon a una consideració restrictiva dels models i una perspectiva molt determinada de les teories. En principi sembla que només parlem de models teòrics, no pas d'altres com els fenomenològics, i fins i tot aquests tenen marge a presentar-se de manera diferent per una mateixa teoria. Si es desenvolupa una teoria a partir d'un model concret, com pot ser un àtom d'hidrogen per a establir els principis de l'àtom de Bohr, és comprensible que hom pensi que aquest pot ser un model únic de la teoria però un cop consolidada és clar que la teoria admet altres tipus de models, altres tipus d'àtoms.

La varietat permesa per la representació té més avantatges. Ens permet explicar, per exemple, la gran varietat de models i tipologies trobades en funció del grau

¹²¹ v. McMULLIN(1968) p. 388

d'arbitrarietat que presenta l'acte de representar. Recordem, però, que no parlem de que qualsevol representació sigui admesa com a model però certament, les possibilitats que compleixi les condicions de projectivitat que esmentàvem són grans.

Per altra banda, aquesta amplitud també es pot entendre en termes de falta de concreció. I això ens porta a reconèixer que una definició d'aquesta mena no es permetrà establir definitivament quina és la naturalesa del model. Sembla que ens deixa massa marge per admetre un nombre excessiu de casos. Aquesta discussió, però, es pot mantenir en altres registres, com ara en parlar de l'ús.

Proposem, doncs, que un model és un sistema que postula una representació conceptual –un sistema abstracte– d'un assumpte determinat, real o fictici, d'acord amb una determinada finalitat¹²².

Aquesta definició, potser llarga, s'ajusta a la descripció dels factors que intervenen que ja hem donat a la secció 2.2. La idea que es tracti d'un sistema ens remet la condició de conjunts d'entitats estructurada a través d'un conjunt de relacions que tingui, però un *caràcter abstracte*. Es tracta, però, de no entendre el model com un contingut mental subjectiu sinó d'una entitat com a mínim intersubjectiva, potser a l'estil del Mon3 de Popper o fins i tot –siguem ambiciosos– de les categories del subjecte transcendental. Això vol dir que, bàsicament el model respon al que “algú”-un individu, una comunitat– li atribueix i transmet. Aquesta darrera part, la possibilitat de ser explicat, és rellevant si volem entendre els models com una cosa que va més enllà de l'heurística privada, tal com succeeix en la pràctica científica.

Així doncs, establim que un model és una eina de representació de l'objecte o assumpte. Es tracten d'entitats que tenen la tasca de formar-nos imatges, prendre el lloc o evocar-nos d'altres sense limitar-se a l'ús científic com tampoc ho fan les diverses aplicacions del terme en altres àmbits. Fins i tot, podem considerar un cas marginal l'ús del terme per aplicacions relacionades amb l'exhibició –de roba, per exemple– o l'àmbit pictòric. Tot i així, està clar que la nostra pretensió d'unificació queda restringida als models que tenen algun paper en la pràctica científica.

¹²² FALGUERA (1994b) p.14 similar a GIÈRE(2004) p.743

Aquesta definició, a més, estableix una distinció amb la font del model de manera que les reproduccions a escala, per exemple, no serien el model pròpiament sinó que en serien l'origen per a la representació mental. Això també inclou entitats lingüístiques com equacions o dibuixos i gràfiques. Totes actuarien com a font de models, en aquest cas potser entitats matemàtiques, que mantindrien el seu caràcter mental. En el cas dels models a escala recordem que l'exclusió selectiva de propietats del suport material ens suggereix aquesta distinció. També ho fa el caràcter variable de la representació atenent a propietats ignorades en una primera aproximació que són incorporades més endavant a la nostra representació útil tal com vèiem en parlar d'analogies positives i neutres.

La condició d'intersubjectivitat ens permet explicar per què hem de tenir en compte el paper del suport material de molts dels models analitzats. En efecte, en tractar-se d'una entitat que va més enllà del nostre àmbit privat –fins i tot podríem considerar-la objectiva– li cal, per a permetre el seu ús, alguna mena de suport, ja sigui clarament material o una descripció verbal per als models analògics o teòrics. Així podem explicar la seva presència sempre que hi treballem sense que vulgui dir que es tracti del model. De fet, podem subscriure que «cap suport material (cap entitat física) és en si mateix model de res. Ho és en tant que té associada una determinada representació conceptual»¹²³

Malgrat que aquesta distinció és explícita resulta possible que més endavant identifiquem fonts i model si el caràcter abstracte de la primera permet no fer-ne distincions significatives. Aquest seria el cas de les equacions, per exemple, amb una naturalesa immaterial que permet tractar-les directament com a entitats mentals sense gaires concessions. Aquest fet es pot veure més clarament en el cas de les demostracions gràfiques en geometria, a l'estil dels Elements d'Euclides. Els triangles que puguin aparèixer són certament concrets i materials però ens permeten fer-nos una representació general de caràcter mental del que es vol demostrar.

Cal assenyalar que la definició proposada també consigna que el model té una *determinada finalitat*. Això per una banda ens mostra que és “l'usuari” qui estableix què és un model i què no i que, per tant o precisament, no es dóna una relació

¹²³ FALGUERA (1994b) p.17

natural de modelització ni podem dir que aquests se'ns presenten per si sols. Hi ha, doncs, en la relació entre model i assumpte una component proactiva, voluntària.

Per tal de tenir una definició més breu i pràctica, podríem condensar-la en proposar que s'entengui el model com a *una representació mental operativa*. De manera que dins el terme operatiu hi trobem el caràcter projectiu del model i a la capacitat, com a finalitat principal, que ens dóna per a obtenir informació a través d'una mena de "manipulació mental".

Finalment, hem de tenir en compte que, per a complir amb aquestes condicions, cal que la font tingui un grau de familiaritat igual o superior a l'objecte del model i assumir que òbviament és l'accés prioritari –més clar i directe– que tindrem de la representació mental que constitueix l'element central de la seva capacitat per aportar alguna cosa al nostre coneixement. Aquest fet és, fins un cert grau, el responsable de les limitacions entre les similituds que puguem trobar entre model i assumpte donat que es tracta d'una relació que es dóna entre objecte i pensament.¹²⁴

Aquest fet és clar en casos on l'objecte a representar ens és majorment desconegut, com fora el dels models fenomenològics –on no es mira de representar els fenòmens mesurats sinó que ens ofereix una relació entre aquests, sovint marcada per postular entitats o causalitats que els expliquin– o les analogies. També podem admetre que es dóna en els models teòrics on la font, que pot ser un objecte idealitzat de qualsevol mena, pretén ajudar-nos a completar una imatge dels principis de la teoria i les seves implicacions tal com podem veure amb el seu ús en els textos d'aprenentatge de les disciplines científiques.

Aquesta proposta permet incloure els models que fins ara entenem com a interpretacions, fins i tot els formals, si els considerem com un tipus particular de representació, per exemple de l'estructura formal en funció d'un isomorfisme –ara sí– que justifica la relació i que explicaria per què ha estat entesa generalment com una interpretació. És a dir, de la mateixa manera que podem justificar que un determinat conjunt *interpreta* uns enunciats formals gràcies a una identificació de l'isomorfisme que mantenen també podem fer-lo servir per a justificar la representativitat. En efecte, una interpretació és pot entendre com una tipologia

¹²⁴ Ja es constata així a BOLTZMANN(1974) p.214

semàntica de representació, és a dir una eina de visualització de l'estructura teòrica que es veu interpretada, de manera que fem servir objectes d'una naturalesa diferent per a representar les expressions més abstractes i buides.

Si això és així, podem mantenir la visió dels models teòrics com a interpretacions i entendre que es tracta d'un cas particular de representació, més definit i més precís. Fins i tot, en acceptar aquesta possibilitat, ens podem permetre de fer-la servir com a criteri de demarcació entre aquesta tipologia i d'altres com podria ser la de models fenomenològics. En un cas així podríem identificar un model teòric com aquell que pugui ser explicat com una interpretació de la teoria corresponent.

Tot i així, l'extensió del concepte de representació a models formals no sembla imprescindible per a les nostres ambicions de manera que no ens ocuparem més d'aquest aspecte.

Finalment, en tant que existeix l'opció de llegir aquesta representació com una descripció parcial de fenòmens¹²⁵ ens podem veure un altre cop lligats a elements lingüístics i ja hem vist que la caracterització dels models com a entitats no lingüístiques lligava bé amb un cert concepte de demarcació amb les teories.

Però aquesta distinció –entre teories com a expressions lingüístiques i models com a abstractes– respon a la reticència a abandonar algunes de les aportacions de l'empirisme lògic que, atenent-nos a la definició proposada, no sembla imprescindible. En definitiva, podríem acceptar que una representació lingüística del món –amb tots els problemes epistemològics que es vulguin al·legar– és també un model. D'aquesta manera, però, ens veiem obligats a distingir models de metàfores a partir d'altres criteris de manera que puguem evitar d'entendre la ciència com una activitat essencialment metafòrica o, si més no, a veure els models com a metàfores esteses i sistemàtiques¹²⁶.

La idea és restringir aquest terme –el de *metàfora*– a usos menys precisos. Així, podem relegar-lo a enunciats breus o gairebé simbòlics en tant que entenem que un model ens revela coses noves, en la línia de la nostra condició d'operativitat, sense els perills de l'analogia lliure pròpia d'eines literàries. És a dir, a banda del caràcter

¹²⁵ V. BAILER-JONES (2002)

¹²⁶ V. LEATHERDALE(1974) p.127 i BLACK(1966) p.232

més detallat dels models aquests pretenen tenir els elements de correspondència amb l'assumpte sota control. Altrament entrariem en una deriva que ens portaria de retorn a una consideració merament simbòlica de la representació. I és per això que podem deixar de banda la possibilitat que derivaria en un caràcter atribuïble a la ciència més arbitrari. Finalment, també, podem al·legar que atribuïm als models una compatibilitat amb les dades que no exigim a les metàfores.

Hem de ser conscients, en tot cas, que una definició tan àmplia –i probablement vague– de model té aquest i d'altres inconvenients que poden no resultar satisfactoris i menystenir aquesta caracterització. Tot i així, els avantatges també hi són i obtenim alguns elements d'interès. Per una banda, la nostra definició respon a una necessitat de descriure els casos disponibles per tal d'explicar perquè té sentit l'ús del terme en aquesta diversitat de situacions. Per altra banda, a més, veurem que la consideració de les representacions operatives com a models ens permet notar un paper fonamental en la funció de les teories científiques que, en enfrontar-se a consideracions empíriques concretes, ha estat ignorat per les propostes més recents, el caràcter ontològic de l'explicació científica que tractarem tot seguit.

II. MODELS ONTOLÒGICS

En sus remotas páginas está escrito que los animales se divide en a) pertenecientes al Emperador, b) embalsamados, c) amaestrados, d) lechones, e) sirenas, f) fabulosos, g) perros sueltos, h) incluidos en esta clasificación, i) que se agitan como locos, j) innumerables, k) dibujados con un pincel finísimo de pelo de camello, l) etcétera, m) que acaban de romper el jarrón, n) que de lejos parecen moscas.

J.L. Borges, *El idioma analítico de John Wilkins*

1. QUÈ FA UN MODEL? FUNCIONS O USOS

Com hem vist, la concepció de model no depèn de consideracions de tipus ontològic –establir què és un model no ens ofereix massa recorregut– sinó que es manifesta en termes de finalitats i vinculació entre entitats. És a dir, depèn de com representa l'assumpte i de per què hem triat aquesta representació i no una altra. Certament, la primera condició està molt lligada amb la segona, com ja hem vist, i podem dir que la idea de model s'articula al voltant dels seus usos. Així doncs, si la definició ha de dependre de la seva funcionalitat, cal establir de manera més clara el que ja hem notat en parlar dels diversos tipus. Quins usos trobem?

La principal aplicació que tothom reconeix en els models és la que podríem anomenar heurística en un sentit ampli. Això va portar als autors més primerencs a menystenir el seu paper en la tasca de definir el paper epistemològic de la ciència i relegar-los a simples eines heurístiques, pedagògiques o estètiques¹.

Troblem, així, referències al models com els de Maxwell sobre l'electromagnetisme en termes d'analogia que només tenien valor “estètic o didàctic o, en el millor dels casos, heurístic, però no essencial en absolut per a l'aplicació correcta de la teoria física”² en tant que qualsevol altre ús és vist com a perillós³

Veurem, però, que si triem aquesta definició com ajustada haurem d'acceptar l'existència d'una altra funcionalitat que ens remet a un paper central en les atribucions de les teories científiques i que per tant convé fer explícit i assumir.

¹ DUHEM(1962) p.102 i s. o BRAITHWAITE(1953) cap.IV

² CARNAP (1970) p.144.

³ BRAITHWAITE(1962)

1.1. Heurística

Hem pogut comprovar, en base a l'ús del terme que hem fet fins el moment, que sota aquest concepte, per tal de simplificar, hem d'incloure des de la capacitat de suggerir solucions a la resolució de problemes fins als processos de construcció de teories passant per aspectes més privats com la assimilació de conceptes de teories en l'aprenentatge. Veiem, ara, aquests casos amb més detall.

Malgrat que el terme heurístic faci referència, en general, a la lògica del descobriment científic –a la formulació de noves teories, a la proposta de nous contrastos experimentals– el tipus de procés que representa és prou similar als mecanismes privats que un individu pot fer servir per a la resolució de problemes particulars o a la comprensió de nous coneixements.

En la resolució de problemes particulars l'ús de models és prou conegut. Ja dèiem, en parlar de les analogies, que la construcció d'una equivalència estructural entre dos àmbits –fins i tot si està per demostrar– pot permetre aprofitar un major domini d'un d'ells per anticipar el comportament de l'altre.

Així, quan fem ús del control disponible sobre la teoria de grafs per a establir una equivalència entre aquests i el recorregut d'una xarxa de transport estem aprofitant la primera per a obtenir un model operatiu per a la resolució de situacions i comportaments a la segona.

Les similituds necessàries per a establir l'analogia no cal que siguin tan evidents com en el cas esmentat. Els mateixos grafs poden orientar-nos en un problema de *back-tracking* informàtic, que no té un caràcter gràfic tan obvi, o en la presa de decisions en un determinat procés deductiu.

El fet que un ús d'aquestes característiques també es pugui admetre com a una interpretació de la teoria que acull el problema explica perquè la visió heretada considerava aquesta pràctica un cas més de la seva definició. Els àmbits poden ser empíricament o ontològicament llunyans –grafs i carreteres tenen una naturalesa clarament diferent, encara més els passos d'un procés– però sembla que responguin a una mateixa estructura fonamental. A més, si bé el terme heurístic dóna marge a l'error –a la falsa analogia– està clar que l'equivalència ben construïda, que ofereix garanties, serà la que es fonamenti en un coneixement suficient de l'estructura dels

dos elements a lligar. La idea que tots dos –font i assumpte– són instàncies d’una mateixa estructura resol aquest requeriment de manera clara i fàcil. No obstant, més que una instància d’un càlcul formal, que en determinats problemes és més que probable que ni tan sols hagi estat formulat, el que s’aprofita per casos així és l’equivalència que es planteja entre les diverses representacions sense entrar a immergir-los en cap teoria. En la pràctica de resolució de problemes sovint hi ha una distància amb la realitat –tractem amb problemes que podem considerar formals– i semblen associats a l’habilitat de qui resol el problema.

La pràctica de resolució de problemes, sovint lligada a una activitat individual i privada, ens porta a pensar en els processos que tenen lloc en el desenvolupament de teories ja formulades, en termes de nous resultats i contrastos. L’activitat habitual de la comunitat científica, farcida d’invocacions a models més o menys normalitzats, reforça aquesta visió.

Això sí, un cop suggerit el nou procés, la nova aplicació o el nou resultat per part de l’analogia cal que es fonamenti en arguments que la teoria accepti. Això es pot fer aplicant les regles d’inferència que es considerin acceptables a partir dels principis generals de la teoria –cas que estigui formalitzada– o bé a partir d’un contrast experimental, que ens ofereix una confirmació temporal. Aquesta fase posterior, que fa el procés heurístic “transparent”, és el que explica que s’hagi declarat en ocasions que els models no tenen un paper rellevant en la justificació científica. L’exposició que es fa habitualment en els textos d’aprenentatge de les diverses ciències, habitualment formal i tendint a un desenvolupament en termes similars al d’un sistema axiomàtic reforça aquesta idea.

Aquest fet ens permet diferenciar de manera pràctica aquest ús de l’anterior donat que en casos orientats a la resolució de problemes podem acceptar el model com a prova del resultat. Això és així perquè en aquests casos es pot definir de manera explícita l’isomorfisme que regula la representació del model i es pot considerar que reproduirà de manera anàloga el procés demostratiu en el marc de la teoria que acull el problema⁴. Així, podem acceptar la resolució del problema clàssic dels ponts de

⁴ Aquestes diferències recorden a les que Harré fa entre analogies parcials i totals. HARRÉ(1970) p.44 i s.

Königsberg a partir del graf determinat però cal desenvolupar una teoria de camins eulerians per a justificar-ho per a estendre-ho a qualsevol situació.

Un cop d'ull als processos històrics de creació de determinats marcs teòrics com l'anterior permet pensar que aquesta idea –la de model com agent en el desenvolupament de teories– va més enllà del que podríem anomenar *ciència normal* i assumeixen una tasca molt més rellevant en la definició de noves teories.

La presència dels models en les fases especulatives de la construcció d'una teoria està ben documentada⁵ però, a diferència dels casos anteriors, no es pot justificar en funció dels principis generals i axiomes, encara en construcció. Si de cas són aquests principis els que depenen d'alguna manera del model de tal forma que aquest necessita una justificació alternativa. És la descripció de les entitats que suggereix el model les que permeten la constitució d'un conjunt de principis fonamentals per a l'establiment de la teoria.

Els models també ens proporcionen un marc de referència terminològica, uns *arquetipus conceptuals* que ens permeten, per analogia, emprar un sistema de conceptes quan ens trobem davant d'una àrea de recerca nova o d'una perspectiva original per desenvolupar. Per arquetipus ens referim a «un repertori sistemàtic d'idees gràcies al qual un pensador donat escriu, per extensió analògica, un cert domini al qual aquestes idees no siguin aplicables de manera immediata i literal.»⁶

En l'esforç de comprensió es busca una perspectiva que sigui assumible per la nostra intel·ligència. I per fer-ho podem optar per la formulació matemàtica –susceptible de perdre de vista els fenòmens a explicar– o per les representacions físiques que ens limiten en la mesura que ens imposen el seu medi. El model, en aquests casos, es situa a mig camí en permetre una percepció física clara sense comprometre's amb cap teoria física prèvia⁷.

És així com podem trobar en treballs teòrics sobre ciències socials l'ús de termes com *camp*, *vector*, *tensió* o *força*⁸. Està clar que mostren la possibilitat de modelització d'un camp, la teoria social, a partir d'un model fonamentat en la dinàmica i la teoria electromagnètica.

⁵ Per exemple, a McMULLIN(1968) i òbviament a DUHEM(1962)

⁶ BLACK (1966) p.236

⁷ v. MAXWELL (1965), vol. I, p. 155-156.

⁸ Black, *Ibid.*, treu aquests exemples del treball de Kurt Lewin *Field Theory in Social Science*

Tanmateix, el préstec terminològic no només té sentit en les fases de desenvolupament de la teoria sinó que ajuda a la familiarització conceptual dels nous aprenents. Aquest marc de referència no és provisional. No es tracta d'un suport auxiliar per al desenvolupament de conceptes teòrics que un cop formalitzats puguem abandonar. De fet, en els aprenentatges que fem per adquirir experiència i habilitat amb les teories i metodologies científiques és raonable reproduir un itinerari personal similar al de la maduració de les disciplines a adquirir⁹.

En general, però, els mètodes d'aprenentatge no reproduïxen el procés històric sinó que opten per fer-ne una ruta més formal, encarada a reproduir un cert fonament lògic, com si d'emular el mètode axiomàtic es tractés.

Aquest és un dels camps fonamentals per a l'aplicació dels models teòrics en algun dels formats que hem esmentat. La visualització i manipulació mental que ofereix un model d'àtom com el de Bohr permet comprendre millor les lleis generals que pugui postular una teoria atòmica sobre el comportament de les seves parts com l'electró o el nucli. El seu caràcter visual certament hi ajuda però hi ha models que no tenen obligatòriament una traducció gràfica –tal seria el cas de models formals com els conjunts de nombres per a estructures algebraïques o la representació del cervell com un ordinador– tot i tenir la capacitat d'ajudar-nos a entendre i guanyar destresa amb els postulats teòrics.

La inclusió d'aquesta funcionalitat dins del que considerem heurístic, doncs, és clara. De la mateixa manera que una comunitat o un científic s'ajuda d'eines per avançar en la descoberta de noves explicacions i resultats experimentals o en la resolució de problemes aplicant les tècniques i principis ja coneguts, l'aprenentatge avança de manera similar. El model esdevé una eina per a guanyar familiaritat i esdevenir coneixedor d'allò que, per a un mateix, és un terreny desconegut amb problemes per resoldre.

El model més enllà de l'heurística.

Com hem vist, el paper dels models en el naixement de les teories ens confirma que en el seu paper orientador va més enllà dels casos en què determinats models “es proven i es descarten”. La idea que guia el seu ús no és el de l'analogia

⁹ v. GIERE(1988) p.62 i s.

intencionadament falsa. El model, en aquest moment específic del desenvolupament històric d'una teoria, té *pretensió de realitat* malgrat els elements d'idealització o simplificadors que puguem trobar. Es pretén construir el model partint de similituds –estructurals o no– amb el sistema real, de la mateixa manera que el model d'ADN pretenia reproduir la distribució en l'espai de les molècules que en formen part¹⁰.

De fet, en tota heurística hi ha un pòsit realista. Això no vol dir que s'entengui necessàriament que les entitats que es mostren en aquest procés són reals sinó que es reconeix que la possibilitat de copsar allò real té un forta capacitat heurística. Així doncs, fora ridícul pensar que es deixa al marge la consideració de les entitats que existeixen en la cursa per oferir explicacions als fenòmens que el desenvolupament de les teories aporten com a novetat. És a dir, si considerem que disposem d'una representació en termes d'entitats –diguem-ne– reals que articulen un parcel·la del món no ens disposarem a considerar-la diferent d'un model ni renunciarem a ella per a la nostra guia heurística. La idea de que el model tingui una contrapartida real resulta molt més útil i fins i tot encoratjadora que no la consciència permanent de que es tracta d'una ficció, encara que resulti útil.

Es per això que no sembla encertada la possibilitat que els models siguin assumits com a falsos. En tant que un model representa alguna cosa està clar que la condició per a ser-ho no és la de la falsedat explícita –quin interès hauria de tenir?– i fins i tot en els casos que després han estat abandonats, com els models obsolets d'àtom, la pretensió inicial era la de ser veritable –fins i tot en la seva condició de model. Una descripció –aproximada, potser, però veritable– del món. De manera que no podem dir que una proposta teòrica esdevé un model en quedar falsada sinó que neix com a model independentment del seu èxit o fracàs.

La teoria, amb l'ajut del model, pretén *explicar* els fenòmens i per tant són alguna cosa més que la descripció d'un conjunt de dades empíriques en introduir estructures que van més enllà d'aquestes. I ho fa partint de la idea que no hi ha millor guia heurística que la consciència, encertada o no, que ens referim a la realitat. Un postulat que es latent en la nostra recerca –la idea que el model es fonamenta

¹⁰ v.GIERE(2004) p.748.

d'alguna manera en la realitat– i que en ocasions trobem explícitament estipulada¹¹. Els models que en derivin també tindran un paper en el postulat de les entitats corresponents. Això no vol dir que siguin sempre entitats no observables però en molts casos –quan parlem d'àtoms, per exemple– aquest fet és inevitable.

Diem que la ciència busca una explicació als fenòmens però, que volem dir amb això? Aquesta pregunta necessita un anàlisi més detallat que farem a la propera secció però podem avançar que la perspectiva a defensar anirà més enllà de la predicció, la correlació o la immersió de fenòmens dins de lleis empíriques. Ja de manera intuïtiva considerem que una explicació és allò que fa comprensible, acceptable, allò que descrivim i això sembla que passa per assimilar-ho a una mena “d'ordre natural”.

Vol dir això que es tracta d'una expressió d'allò que existeix? Hi ha qui considera que no necessàriament i per això defensa que només es disposarem de ficcions heurístiques –entenent aquest terme com a útil per a la comprensió dels termes i principis d'una teoria– o fins i tot d'eines per «moure'ns més fàcilment en el món»¹². Aquestes consideracions, però, es fonamenten en la convicció que és impossible que qualsevol objecte mental, qualsevol idea, pugui oferir un retrat de la realitat.

En cas que ens limitem a esperar de les teories una ajuda per orientar-nos en el món ens veiem abocats al pragmatisme empíric que tot el que demana és que hi hagi un ajust als fenòmens. És, certament, un camí possible però això no comporta que ens veiem obligats a rebutjar qualsevol idea o representació com a falsa. Saber que una cosa *pot* ser falsa no equival a ser-ne conscient que no té validesa real de la mateixa manera que l'escepticisme admet graus que el fan més o menys sòlid.

1.2. Mediadors

Hem vist, per altra banda, que la diversitat de condicions i relacions que estableixen els models tant amb la realitat com amb les teories ens suggereix la idea que es tracte d'entitats amb independència que porten a terme una tasca de mediació.

¹¹ McMULLIN(1968) p.395

¹² VAHINGER (1935) p.15

Ja hem vist –en parlar de les diferències entre ambdós tipus– que els models fenomenològics gaudeixen d’una major proximitat al món que els teòrics. Aquests darrers –entesos com a reproduccions de comportaments específics sota determinades situacions dels principis teòrics– participen del caràcter abstracte de les teories que proven de ser aplicables al conjunt més ampli de situacions possibles.

És per això que els primers es poden considerar *entitats autònomes de les teories* i és per aquesta raó que tenen la potència heurística i d’intel·ligibilitat que podem veure en la pràctica científica. Aquesta capacitat prové de diversos aspectes ja vistos de la seva naturalesa que convé recordar.

La seva construcció. Els models fenomenològics integren principis teòrics d’origen divers i busquen ajustar-se a les dades empíriques. I malgrat que incorporen aspectes d’un i altre àmbit també hi ha alguna cosa més, el que podríem considerar l’aportació pròpia del model.

La seva funcionalitat: Tal com hem definit els models són una eina. Això de manera natural vol dir que funcionen com a entitat autònoma dels objectes sobre els que operen. Però també que els vincula d’alguna manera. Això també permet entendre perquè presenten tanta varietat d’usos, donat que els instruments permeten, efectivament, una gran diversitat de tasques. En el cas dels fenomenològics, la seva tasca està vinculada a la representació dels fenòmens en termes de correlació, sovint fugint de consideracions teòriques restrictives.

La condició de representació: Malgrat la seva independència ens permeten aprendre del món o les teories. En la seva condició d’eina hem de distingir entre les que ens permeten manipular i les que ens permeten aprendre’n alguna cosa. Però els models, en ser una representació –habitualment d’algun aspecte del món o de teories al respecte– ens mostren alguna cosa d’allò representat fins i tot en el cas que es defugi.

En la pràctica amb un gran nombre de teories –com poden ser la mecànica quàntica (i també la clàssica), l’electrodinàmica quàntica o l’electromagnetisme– s’observa com la construcció de models sistemàtics necessita d’un altre tipus que permeti encaixar els conceptes abstractes de les teories en una forma concreta. Aquests models pont entre la teoria i els fenòmens també tenen un cert caràcter

d'intermediari¹³ malgrat que corresponen al que hem anomenat model teòric. Aquest mecanisme pont entre teoria i experiència té una gran varietat de tipificacions alternatives de manera que podríem fins i tot explicar-los com a una expressió per a donar contingut semàntic als termes teòrics.

En la mesura que els models poden presentar un grau d'abstracció creixent aquests es vinculen més fortament als postulats teòrics i permeten, fins i tot, establir un criteri de proximitat amb la teoria per a noves propostes. Així, la relació del model amb el sistema real es pot expressar en termes de similitud sota hipòtesis del tipus *El model M és similar al sistema S d'una certa manera i en un cert grau* de manera que són els models previs, coneguts, els que ens permeten determinar aquest grau. Així, si en un nivell de proximitat alt amb la teoria hi establím –per exemple– un pèndol idealitzat sense fricció, afegint altres forces com ara el retorn o el fregament obtenim models més allunyats de la teoria i més propers als fenòmens.

Així doncs, la consideració que els models són entitats a mig camí entre teoria i fenòmens admet una graduació que ens permetria explicar fins i tot alguns dels tipus analitzats anteriorment. Aquesta possibilitat sembla fonamentar-se en la idea que la teoria té una naturalesa definida i explícita, a l'estil de l'empirisme lògic, que permet identificar quan estem fent servir postulats de la pròpia teoria i quan incorporem principis "aliens". Però si defensem un tipus de visió semàntica més radical –el que remet el nucli de les característiques de la teoria als seus models– l'atribució de principis externs a un d'ells no té gaire sentit. Això el que succeeix en considerar, per exemple, que les teories no són res massa concret, que no hi ha res que sigui explícitament una teoria¹⁴ o bé que per la formulació de determinats models cal anar més enllà. El que hi ha són principis abstractes que guien la construcció de models que tenen un nivell de concreció empírica més gran. Així, la llei de Hooke és una afirmació empírica que es concreta en models d'oscil·ladors harmònics (amb certes restriccions), molècules diatòmiques, molles amb pes, etc. Aquests tenen un grau més gran de proximitat malgrat certs nivell d'idealització. La determinació empírica es faria amb una molla real a partir de les mesures fetes d'acord amb el model abstracte.

¹³ CARTWRIGHT (1999a) p.242 i s.

¹⁴ GIÈRE(1988) p.82

El mateix diríem d'aplicar un principi evolutiu amb èxit a poblacions reals, dóna lloc al que semblaria la inferència d'una teoria evolutiva de les dades observades. És per l'ús confús del terme *teoria*, que no només està poc concretat sinó que apareix com un producte directe de l'observació quan no ho és, que es considera que és preferible evitar la seva invocació i limitar-se a parlar de principis generals i models construïts d'acord amb ells.

Tot i això, aquest és un terme central en la reflexió científica –i en la filosofia que se'n ocupa– de manera que, encara que no aspirem a determinar de què parlem de manera definitiva, ens hi referirem amb tots els matisos que calgui fer al respecte. Tant si acceptem que aquesta és una construcció formal ben definida com si considerem que és el dipositari de les característiques comunes de models equivalents.

En la mesura que considerem que les proposicions de la teoria són, de fet, enunciat sobre els seus models no podem parlar d'intermediació sinó de característiques de la primera encara per confirmar. Podríem, però, referir-nos a aquesta proximitat a l'experiència en virtut del caràcter de metamodel de la teoria i identificar el grau a partir d'un cert concepte de ordre

No sembla, però, que aquests principis abstractes siguin sempre presents en la construcció de models fenomenològics, sobretot si aquests no es donen en els límits de les teories –com ara els camps on incorporem lleis de diferents àmbits– sinó que apareixen per explicar observacions on cap teoria ha arribat o la seva explicació és tècnicament massa complexa.

Aquests models es situen, també, més aprop de l'experiència del que ho fan les teories però no podem considerar que siguin intermediaris –a no ser que parlem d'alguna aproximació heurística– donat que “a l'altra banda” no podem assegurar l'existència de res. Més aviat es postulen com a explicació última, això sí de caràcter metafòric.

És clar que les metàfores expressen una certa transgressió entre termes, un préstec que es pot detectar quan constatem que el seu sentit és diferent de l'habitual. Això es reconeix en una falta d'harmonia amb el context que ens parla d'un intercanvi, d'una transferència. Però si bé és cert que podem trobar que es donin

entre contextos ben coneguts –el que podríem anomenar metàfores de traducció– també sabem de casos on les entitats són desconegudes, on hi ha marge a similituds que encara estan per conèixer. Aquestes metàfores, radicals, ofereixen un marge més gran per a la creativitat.¹⁵

Aquí, doncs, el concepte de metàfora explica de manera gràfica el grau d'informació que obtenim en bastir una analogia amb entitats desconegudes. No es tracta d'un isomorfisme, d'una equivalència estructural, sinó que en fem una *ficció vàlida*. És a dir, imaginem l'existència d'entitats que expliquin el que observem sent-ne conscients que la realitat és *tota una altra cosa* de manera que tornem a la possibilitat de parlar en termes pragmàtics.

1.3. El model ontològic

Finalment podem constatar que la confusió dels diferents usos i tipologies de models i la dificultat per a determinar la naturalesa d'una teoria ens condueix a una mena de situació circular. Per una banda trobem determinats models que representen els fenòmens amb recursos variables que ens permeten construir teories –enteses de diverses maneres– que al seu torn ens proporcionen criteris generals, instruments, per a la construcció d'altres models –aquest cop podem identificar-los com a teòrics– ja sigui donant valors a diversos paràmetres continguts a la teoria¹⁶ com per processos de des-idealització esmentats abans.

Però en tot cas el que observem i que sembla central per al que ens ocupa és que les entitats que componen tots dos tipus de model són essencials per al desenvolupament teòric, ja sigui per a la seva construcció com per la seva comprensió i visualització.

En efecte, si bé els models fenomenològics –indiscutiblement representatius– poden esdevenir ficcions útils i per tant susceptibles de ser falses, en participar en la dinàmica de construcció de les teories són l'origen de les entitats que les componen. Podríem afirmar que, a partir d'un procés de selecció que bé podria ser del tipus assaig i error, les entitats dels models que finalment tenen èxit passen a formar part per continuïtat de la proposta teòrica.

¹⁵ v. LEATHERDALE(1974) cap.3

¹⁶ Aquesta seria la proposta de VAN FRAASSEN(1996) p.67 i s.

Així doncs aquesta proposta teòrica, que gaudirà d'un grau més gran de formalització, incorpora els elements explicatius dels models que l'hagin inspirat i els ha fet servir per a la construcció dels principis que ajudaran a formular nous models, aquests expressió de la teoria en noves observacions experimentals.

Si acceptem, per exemple, que Kepler ens ofereix un model fenomenològic¹⁷ – incloses les seves expressions matemàtiques– que descriu el moviment planetari en termes d'el·lipses amb focus al Sol està clar que la teoria posterior fa servir aquests elements per a justificar en termes causals aquest comportament. La cinemàtica clàssica descriu el moviment d'una partícula a partir de la seva posició mesurada des d'un centre però en incorporar termes com el de força gravitatòria s'ofereix una perspectiva causal. Aquí trobem un altre tret fonamental que permet distingir entre models teòrics i fenomenològics, quan això resulta possible.

Una teoria mecànica on els principis rectors es concreten a partir de les observacions i sobre elements diferents ens permet, en fer-ho en termes de causalitat, aplicar aquests principis a la posició d'altres cossos, com ara la lluna, i establir un model de tipus teòric que desenvolupi les lleis gravitatòries en relació a altres àmbits.

Aquest procés de formalització teòrica es pot afrontar gràcies a la guia que proporciona un model representatiu i al seu torn ens habilita per trobar altres models equivalents, encara que s'obtinguin aparentment en establir *instàncies* de la teoria formalitzada, és a dir amb models que podríem caracteritzar com a interpretatius.

El que interessa en aquest cas, però, no és la discussió sobre si els models es poden caracteritzar com a representacions sinó visualitzar com són d'essencials per a la determinació de les entitats centrals de la teoria. Com aquesta es construeix al voltant de conceptes com massa –planetària– o òrbita que tenen el seu origen en models previs a la teoria.

Tot apunta, doncs, a la idea que els models fenomenològics i teòrics són postulats parcials del que hi ha més enllà de l'experiència. Comporten *representacions ontològiques* del món. Fins i tot en el cas que es tractin explícitament de ficcions útils aquestes es basteixen sobre la idea d'entitats que el model proposa, com és el cas dels primers, o

¹⁷ Tal com fa McMULLIN(1968) p. 391

que es tracti de representacions restrictives a un determinat entorn o problema concret, com podríem pensar dels teòrics.

La visualització d'entitats darrera dels fenòmens té una gran potència heurística i bona part d'aquesta activitat pot consistir en la manipulació mental d'aquests "objectes" per imaginar noves expressions de les seves característiques, noves observacions empíriques. Però resulta difícil pensar que un cop s'han aconseguit noves prediccions es mantindrà la idea que es tracten de simples ficcions. Així, el científic no es planteja les representacions com a ficcions sinó que entén que està parlant d'entitats reals encara que les descriu en termes idealitzats o que no compregui de manera clara les seves relacions estructurals¹⁸. Acceptar que es tracta d'entitats provisionals –que poden ser substituïdes per altres entitats o explicacions– no equival a pensar-ho d'entrada. Aquesta és clarament una de les ocupacions centrals de la ciència, establir els mecanismes de la naturalesa a través dels quals es donen els fenòmens que mesurem. És certament, una modalitat acceptable d'explicació i els models són una eina fonamental per copsar aquests mecanismes.

No ens volem limitar a establir connexions lògiques entre les parts o amb l'experiència, que ja compliríem amb models fenomenològics. En un cas així ens limitariem a una descripció –una taxonomia accidental o, pitjor, una llista– i no a alguna cosa amb pretensions explicatives. No seria suficient el recurs a artificis que parlin d'acumulació d'experiència i d'augment de la probabilitat de les proposicions. Tal com ens recorden les definicions coordinatives una estructura lògica no és suficient en la mesura que està buida de significat. En cas contrari, si una teoria formalitzada fos suficient per a designar els termes de la nostra experiència, tindriem que aquests mateixos termes esdevindrien, de fet, una proposta ontològica pròpia en forma d'estructura a priori.

Es tracta, doncs, de constatar que en la construcció de teories ens trobem davant de la gènesi d'un tipologia que fins ara no ha estat considerada i que tractarem amb més detall ens aquest treball: *el model ontològic*.

No és precisament una idea nova. Podem parlar d'arquetipus, marcs de referència o de matrius conceptuals, si el que volem es referir-nos al «repertori sistemàtic amb

18 BORN(1953) p. 140

el qual un pensador descriu un domini»¹⁹. És a dir, es tracta de la representació en termes d'elements fonamentals que ens fem dels fenòmens que provem d'explicar.

La constatació d'un "diàleg" entre determinats models representatius i les teories per "néixer" ens mostra com en atribuir als primers el caràcter de ficció simplement mostrem el nostre grau d'insatisfacció pel tipus d'explicació que ofereix. En el procés de desenvolupament els models es poden depurar fins a postular entitats que siguin prou acceptables com a proposta ontològica dels fenòmens.

És en aquest cas que podem parlar d'un nou tipus de model, no pas per la seva naturalesa sinó per constatar que se li atorga un nivell explicatiu diferent. És a dir, en la mesura que són representacions d'entitats amb existència postulada i que la seva naturalesa ens permet un grau de comprensió operatiu podem dir que són models ontològics.

Habitualment, aquesta tasca –la descripció ontològica– hom li atorga a les teories enteses com a representacions dels fenòmens en termes unificadors. Fins i tot en el cas que la delimitació entre teoria i models sigui clara cal acceptar que la primera porta indefectiblement associada la representació de tipus ontològic en tant que esdevé el context explicatiu dels diversos models de característiques diferents.

La idea, però, és separar aquesta funció representativa de les teories de les seves expressions en forma de llei perquè podem constatar que es pot donar diverses concepcions representatives per als mateixos formalismes. És a dir, que podem fer servir les mateixes lleis per a construir representacions del món diferents i per tant, per tal d'aclarir aquesta situació, convé considerar-les teories diferents des d'un punt de vista filosòfic.

Diríem que el que designem, ara per ara, com una teoria és la font, potser lingüística, d'una representació existencial –i per tant operativa– d'una parcel·la del món. Aquesta representació és la que considerem susceptible de ser designada com a model donat que mostra les característiques que hem considerat suficients per a la seva definició com a tal. La seva operativitat –supeditada a la finalitat que li assignem– es destina a la intel·ligibilitat, una aspiració que assenyalem com a filosòficament irrenunciable.

19 BLACK(1966) p. 236 i s.

No es tracta d'un terme nou, ni aliè a la nostra recerca. Sovint trobem que ens parlen de models ontològics en àmbits històrics per referir-se a paradigmes d'interpretació de la realitat. I certament, aquest concepte de model és restringit a una teoria i el seu camp d'aplicació però la idea subjacent és similar. Quan Kuhn diu, en parlar de la revolució a la química, que Lavoisier va veure oxigen on els seus antecessors van veure aire sense flogist o que considera un mineral el que abans es percebia com a terra elemental està constatant que no només descriu la naturalesa amb eines diferents sinó que es pot dir que “treballa en un món diferent”²⁰. Està esmentant, doncs, les mateixes condicions explicatives que té el model ontològic que es desenvolupa amb la teoria.

L'alternativa a admetre que aquesta tipologia existeix d'alguna manera seria, o bé la renúncia per part de la teoria a explicar en termes ontològics els fenòmens observats o la consideració que és una funció que ja porta a terme un altre element adscrit a la teoria, ja sigui un altre tipus de model o un component radicalment diferent.

La primera alternativa va ser, probablement, la idea que hi havia darrera del neopositivisme, en la mesura que aquest tipus de model ens recorda el postulat metodològic de rebuig a qualsevol terme que faci tuf a metafísica. La idea que podíem escapar al postulat existencial de les entitats vertebradores d'una teoria semblava temptadora. Així, es va provar de construir aquestes connexions lògiques en termes de llenguatge formal –buit– de manera que no calgués postular cap entitat inobservable però ja hem vist que termes i proposicions obtenen el seu significat d'altres parts de la teoria i de les dades empíriques –fins aquí tot bé– *a partir dels models*.

De manera que hi ha raons per a preferir una concepció semàntica que justifica aquest argument donat que ja s'accepta implícitament que són els models els dipositaris de la càrrega explicativa. Aquesta perspectiva té a favor, a més, l'experiència històrica.

Per altra banda, el risc permanent que aquests arquetipus esdevinguin predominants de manera que sigui immune a les seves conseqüències empíriques

²⁰ KUHN(1975) p.187

explica perquè s'ha intentat defugir del seu ús. Es corre el risc de caure en temptacions metafísiques que ens allunyin de les exigències dels fenòmens tal com sovint ha passat en sistemes filosòfics coneguts.

Es tracta, doncs, d'una prevenció comprensible. Però hem d'admetre que els esforços per fugir d'una proposta ontològica ens allunyen no només dels components implícits a la pràctica científica sinó que ens aboquen a visions insatisfactòries.

El desenvolupament de la teoria atòmica, per exemple, a principis del segle passat documenta de manera força visible com interaccionen els models representatius per a formar conjectures que interpretin els fenòmens mesurats. Aquesta dinàmica és la que permet construir una nova teoria que reti comptes del que succeeix en termes que s'estableixen des dels models. I sempre, si més no a la pràctica del científic, des d'una perspectiva que podríem considerar ingènuament realista²¹.

Les teories, per tant, no es limiten a desenvolupar deductivament el que plantegen els axiomes sinó que aspiren a oferir un 'extra', una estructura subjacent que les expliqui. I això perquè, com hem vist, només partint d'ells podem atorgar propietats físiques a alguna mena de subjecte en el marc de la teoria. És a dir, les dades empíriques obtingudes es poden presentar com a propietats observables d'alguna entitat gràcies als models.

Això també té conseqüències metodològiques importants. A banda de les implicacions de caire heurístic –com el suport que suposen a la nostra capacitat de comprensió, la possibilitat de reduir la multiplicitat de fenòmens a sistemes mentalment gestionables o el fet que siguin una eina per a estendre la teoria i reforçar-ne la fonamentació empírica– realitzen una tasca lògica essencial en connectar els elements de l'estructura deductiva de la teoria de manera difícilment substituïble, com pot ser vincular els termes teòrics amb l'experiència²².

Renunciar-ne ens remet a reduir tota explicació al caràcter fenomenològic. Aquest tipus d'explicacions certament existeixen –coexisteixen amb les altres– i tenen el seu paper en la pràctica científica. Així, si ens limitem a estudiar el

²¹ v. McMULLIN (1968) p.392 i s.

²² LEATHERDALE(1974) p.52 i s. ofereix més detalls d'aquestes raons

comportament de la ment humana des d'una perspectiva conductista renunciant de manera explícita a ulteriors fonamentacions estem construint una descripció del comportament fenomenològica. Aquesta és vàlida i pràctica però sembla clar que planteja diferències notables amb l'ambició científica que ha trobat respostes diferents en àmbits com la genètica, per exemple, o –de manera més discutible– la física de partícules.

La idea que només descrivim els fenòmens i establim correlacions, en termes fins i tot probabilístics, ens remet a la consideració d'una manera de fer ciència que sembla taxonòmica. Fora com cuinar sense conèixer els principis metabòlics i les causes dels sabors, colors, olors i textures. Coneixement enciclopèdic –ajudat potser d'un criteri mnemotècnic– com ens pot semblar la pràctica de l'alquímia, la cuina o el col·leccionisme però sense l'ànim d'intel·ligibilitat que li exigim a la ciència.

Per altra banda, cal considerar si aquesta funció no és possible atribuir-la a altres elements de la pràctica científica. Pot tractar-se d'un altre tipus de model?

El model ontològic –que podríem considerar històricament derivat de les representacions que fem servir per a construir una teoria– no concorda exactament amb el tipus teòric en la mesura que es tracta de caracteritzacions més generals. És a dir, no es tracta de la concreció il·lustrativa d'un conjunt de principis teòrics i el seu comportament sinó que ens mostra amb quines entitats treballa la teoria per explicar les dades empíriques i es troba naturalment més vinculat a la teoria que els models fenomenològics al cas.

Podríem acceptar designar-lo com un *metamodel* de models teòrics malgrat que una designació d'aquest tipus tampoc aportaria res especialment clarificador. La font del model ontològic, com hem dit, és la formalització –les lleis i principis– de la teoria malgrat que històricament es pot considerar que té un origen en els models fenomenològics que contribueixen al desenvolupament d'aquesta. És per això que podem pensar que es tracta d'una mena de model general de les representacions parcials de manera que, en construir els models teòrics corresponents a parcel·les del món hàgim de tenir en compte l'ontologia associada. Seria, per dir-ho d'alguna manera, el motlle previ per a la representació puntual que constitueix un model

teòric. És per això que comparteixen les característiques que es vinculen a les entitats postulades per la teoria.

En relació a aquesta comprensió del món en termes ontològics haurem de veure, més endavant, el paper del reduccionisme i les seves limitacions per a entendre la naturalesa de les entitats postulades, però hem d'admetre que l'ambició científica passa postular l'existència d'aquestes entitats.

No estem parlant, però, d'anar més enllà –com fan les propostes realistes– i defensar que aquestes entitats tenen l'existència garantida en tant que productes del coneixement científic, i que els models en són representacions. És precisament per això que resulta més encertat la denominació de model ontològic en comptes de la *d'ontologia*²³, més neutre, en fer-nos conscients que estem postulant una representació de manera que la consideració de veritable o no ha de correspondre a altres àmbits de la consideració científica.

Sigui quin sigui el terme que decidim fer servir per parlar-ne ens estem referint a una representació del món en funció dels objectes existents. Aquest és un criteri que ens permet distingir-lo de les representacions fenomenològiques en la mesura que les darreres són vistes com a ficcions útils²⁴. El primer, per altra banda, no té perquè ser una descripció complerta donat que estableix bàsicament les entitats al voltant de les quals es pretén fer una descripció “veritable” dels fenòmens. Així doncs, podem considerar els models ontològics com una descripció del que existeix, però incomplet, mentre que els fenomenològics serien considerats útils però ontològicament errònies. És tasca de la ciència, i no banal, destriar entre tots dos tipus.

Hi ha, però, objeccions al respecte que ens porten a considerar tots dos models com una mateixa categoria. Aquesta distinció, de fet, es fonamenta en una consideració dels models en relació amb una concepció determinada de la veritat que exclou que les darreres representacions, les que podem anomenar ficcions, tinguin cap consideració de verídiques. Així, si considerem que es tracta d'idealitzacions –i que per tant deixen de banda determinades característiques que

²³ V. SKLAR(2003)

²⁴ *Ibid* p.429

variaran segons el model triat– podem entendre que en tots dos casos estem davant de ficcions útils, i per tant falses o aproximadament certes, que descriuen parcel·les de la realitat complementàries. Això és degut al fet que una ficció també ens informa d'alguna manera del que hi ha, no només des d'un punt de vista fenomenològic sinó que es pot considerar una aproximació a la realitat de manera que no sembla que el criteri per a distingir-los sigui tan clar²⁵.

Ara bé, entendre que tots els models són idealitzacions és dur més enllà del seu àmbit una característica que hem considerat pròpia del tipus teòric. No sembla evident que hàgim de considerar el model ontològic d'aquesta forma. Es postula un conjunt d'entitats que són les responsables últimes dels fenòmens observats de manera que no podem considerar que estiguem deixant de banda característiques que puguin ser rellevant, encara que sigui en grau menor, al respecte. En mecànica celeste clàssica podem entendre que un model teòric del sistema solar considera els planetes com a punts ideals de massa determinada negligint formes i irregularitats – el que justificaria la consideració d'idealització– però el que el model ontològic estableix és que són aquests cossos i no altres els que determinen el seu moviment i que ho fan a través de les seves masses i les relacions de distància que són donades més enllà de si tractem el seu valor com aproximat. Per tant, hem de considerar que el model ontològic no es construeix a partir de simplificacions en les característiques com es donen en els casos teòrics o en els models de dades sinó que, si de cas, són les eines que permeten entendre el sentit de les idealitzacions anteriors.

1.4. Els models i la possibilitat de prova.

En relació a admetre el caràcter ontològic de les teories a través d'una caracterització en forma de model constatem que aquest fet té una altra conseqüència. Ja hem vist en parlar de la capacitat heurística que els models no admeten la seva utilització com a demostració de determinats fets. En l'ús heurístic orientat al desenvolupament de teories ens trobem amb la limitació que tot allò suggerit pel model ha de ser demostrat d'acord a les regles d'inferència que es considerin vàlides per la pròpia teoria o per la metodologia científica. Està clar que

²⁵ V. TELLER(2004)

la manipulació de la que pugui ser objecte el model no respon, en general, a aquestes condicions en formar part, de manera implícita, de les atribucions habituals de les eines heurístiques.

L'excepció a aquesta limitació es sol donar en les aplicacions destinades a la resolució de problemes. En efecte, en la seva aplicació orientada a aquest ús –en la mesura que els mecanismes de representació estiguin detallats explícitament i permetin la seva traducció a procediments admissibles de prova– podem dir que la manipulació del model es pot admetre com a una tècnica vàlida de resolució de problemes. Això no s'entén com una atribució extraordinària d'aquests sinó que es planteja com una elisió del procés de conversió de la manipulació que s'hagi donat sobre l'analogia al seu equivalent dins els processos admissibles com a prova en el nostre àmbit-problema. Per a fer-ho, és clar, cal que l'isomorfisme que ho permeti sigui clar i revisable de manera que, si de cas, més que admetre el model i les seves característiques com a prova es deixa per al lector l'exercici de conversió.

Però en la guia heurística per al desenvolupament de nous conceptes i resultats tenim assumit que el model dista de ser considerable com a prova. No podem acceptar, ni tant sols si es demostra a posteriori una instància particular dels principis teòrics, que els resultats que la nostra projecció mental proposi siguin acceptables per a validar la teoria a la que dona lloc.

Així per exemple, en postular un model atòmic particular com el que hem vist a la secció anterior on el nucli acumula la major part de la massa al voltant del qual “orbiteu” les partícules carregades negativament, el fet que aquest model satisfaci els fenòmens observats fins el moment no el valida com a prova d'altres efectes derivats. Que un model –per exemple– resulti compatible amb experiències que ens informen del comportament dels electrons en rebre una determinada radiació no ens pot servir per justificar altres comportaments dels mateixos, com podria ser el tipus d'enllaç que possibilita o l'existència d'un spin. Per a poder-los demostrar calen altres arguments, com ara un nou tipus d'experiment possiblement dissenyat –aquest sí– amb l'ajuda heurística del model o deduccions metodològicament acceptables.

Aquest fet deriva lliga bé amb les limitacions que presenten els models fenomenològics que no s'accepten com a veritables. Succeeix el mateix per a models més fortament lligats a la teoria com els teòrics o el propi model ontològic?

La validesa del model teòric depèn de manera exclusiva de la teoria que el fonamenta. En aquest sentit, si som capaços de justificar, amb ajuda d'un model teòric, un determinat comportament experimental el contrast posterior ho és tant del model com de la teoria. Aquest fet s'explica amb raons similars a les de la resolució de problemes que esmentàvem abans. En conèixer els mecanismes d'equivalència entre el model i la teoria la seva validació està mútuament fonamentada. Però donat que la pròpia confecció del model teòric deriva en termes teòrics del model ontològic hem d'arribar a la conclusió que la teoria ha d'incloure, en la seva formulació aquesta component.

Per tant, malgrat que fins ara hem parlat de teories i models ontològics com a entitats diferents haurem de començar a pensar si en parlar de les primeres no estem formulant també una proposta concreta de la segona.

Pel que fa a les possibles experiències negatives, normalment hem d'assumir que a la pràctica un model teòric que no compleixi amb les prediccions experimentals no acostuma a ser entès com una refutació de la teoria sinó com una mala tria. És a dir, a la pràctica, si la predicció feta amb ajuda del model no es verifica el primer que es prova és de comprovar que la relació que manté amb la teoria no ha estat ben construïda. Aquest seria el cas que es dona, per exemple, quan parlem de models idealitzats. Si un pèndol –per fer servir un cas ja esmentat²⁶– no ajusta el seu comportament empíric al del model desenvolupat amb l'ajuda dels principis de la dinàmica clàssica el que fem es revisar el seu paper de model. Diem, per exemple, que l'error és degut al grau d'idealització que negligeix característiques que s'han comprovat com a rellevants.

Però que succeeix si podem confirmar d'alguna manera que no hi hagut error en el model restringit. Hem de revisar la teoria? En el cas del model ontològic, però, aquesta revisió no és possible. Hem vist que no es tracta de models amb un cert grau de variabilitat i arbitrarietat sinó que es poden identificar de manera natural

²⁶ GIÈRE(1988) p.76

amb la teoria. Es tracta de les entitats que postula i per tant semblaria que corren la mateixa sort.

No podem parlar, però, d'isomorfisme explícit sinó que es postula la identitat entre els termes fonamentals de la teoria i les entitats del model. Això té dos conseqüències significatives. Per una banda, hem de veure fins a quin punt aquest model és únic per determinats principis teòrics. Això permetria fer un canvi en el model ontològic per, conservant els principis generals de la teoria, encaixar millor amb les dades. Per altra banda, ens hem de preguntar si, donat el cas que la teoria quedi invalidada per l'experiència –en cas que això sigui possible, en atenció a les objeccions historiogràfiques– si també ho és el model ontològic associat.

Per la primera qüestió hem de veure si tota formalització teòrica porta associada una proposta ontològica fonamental o es tracta en canvi d'una formulació neutra que s'associa de manera arbitrària a un model concret susceptible de canviar per raons heurístiques. El realisme és procliu a entendre les teories des de la primera perspectiva mentre que un cert empirisme representatiu no descarta la possibilitat que el model sigui fruit d'una tria que podríem considerar convencional²⁷.

De fet, bona part de la diferència entre els dos criteris descansa en la concepció que es pugui tenir sobre què és una teoria i què són els principis teòrics dels que parlem. A les properes seccions veurem com a preferible considerar una teoria una síntesi dels principis legiformes que l'articulen i un model ontològic associat de manera que dos propostes es poden materialitzar en proposicions equivalents, amb els corresponents contrastos empírics, i ser considerades teories diferents.

Aquest fet és prou central per a la tesi defensada com per enunciar-la novament a fi i efecte de deixar clara la posició al respecte. *Des d'una perspectiva filosòfica*, considerem que tota teoria ha d'incorporar els principis generals que la fan operativa –com ara les lleis de Newton per a la mecànica clàssica– juntament amb una proposta ontològica que assigna el significat dels termes teòrics que entenem que té característiques de model. Per tant, si es donés el cas que –conservant les lleis fonamentals de forma equivalent– es fes a través d'una ontologia diferent, hem de

²⁷ v. VAN FRAASSEN(1996) cap.3

considerar que –pels nostres interessos de comprensió del món– es tracta d’una teoria diferent.

La negació d’aquesta proposta –la identificació com una mateixa teoria aquells models ontològics que tinguin les mateixes conseqüències empíriques– condueix, tal com defensarem més endavant, a una visió de la ciència purament correlativa que ens allunya de l’ànima d’intel·ligibilitat pròpia de la ciència.

Per altra banda, la subscripció d’aquesta concepció de les teories ens acosta a un convencionalisme ontològic i, en alguns casos, a considerar determinades propostes contemporànies com a incompletes. Per a veure com succeeix això i si tenim alguna mena de sortida caldrà analitzar quines implicacions té.

Una caracterització d’aquesta mena ens obliga a revisar el concepte de validesa d’una teoria a partir de les seves implicacions experimentals i fins a quin punt aquesta queda confirmada. Aquest concepte és un dels temes centrals de la filosofia de la ciència i excedeix amb molt el propòsit d’aquest treball. Però hem de veure si la introducció d’un element com el model ontològic modifica greument la idea del que considerem una teoria vàlida.

Per una banda cal dir que fins i tot en el cas que una teoria quedi rebutjada en atenció a les dades experimentals obtingudes es pot donar el cas que la proposta ontològica associada tingui una nova vida amb modificacions substancials de la seva relació amb els principis generals d’una nova teoria. La teoria general de la relativitat modifica notablement les lleis clàssiques que descriuen el moviment dels cossos celestes però alguns aspectes de la seva ontologia són perfectament compatibles, com ara la importància central de la concentració de matèria o la descripció de les trajectòries dels mateixos a partir de sistemes de referència centrats en elles.

És cert, però, que en rebutjar de manera experimental teories associades a models ontològics com el flogist o l’èter es va descartar de manera definitiva l’existència d’aquestes entitats però també ho és que les successives modificacions del model atòmic a partir de les proves empíriques conservaven alguns aspectes fonamentals de la proposta ontològica com és la de composició de la matèria a partir dels àtoms i l’estudi de les propietats químiques dels elements atenent aquesta consideració fonamental.

Així doncs, hem d'admetre que un contrast crucial negatiu ha de tenir efectes d'alguna mena en la teoria, ja sigui amb la modificació de les seves lleis o en el canvi del model ontològic associat. Ara bé, donat que les implicacions empíriques de la teoria depenen de les primeres hem d'admetre que la modificació ontològica sense alterar els principis formals no permetria cap ajust compatible amb l'experiència de manera que hem de concloure que en cas d'un experiment crucial la modificació necessària s'ha de donar en les lleis i principis de la teoria. Aquesta modificació, malgrat que hem vist que no succeeix necessàriament, pot comportar al seu torn un canvi en la representació ontològica associada.

De manera que constatem que un canvi en el model ontològic es pot donar de dues maneres diferents. O bé és el producte d'una substitució motivada per raons metodològiques o filosòfiques que no porten associada una modificació de les lleis i contrastos o bé es produeix arrossegada per un canvi en aquestes.

2. MODELS ONTOLÒGICS I REFERÈNCIA

En constatar el paper dels models en la definició d'una teoria la construcció dels conceptes teòrics sota definicions coordinatives es modifica. Fins i tot podríem dir que es simplifica. En efecte, donat que disposem d'un model amb unes entitats que estan més o menys vertebrades per donar sentit als termes de la teoria podem veure fàcilment que esdevenen *la seva referència semàntica*.

Però, en un cas així, quin vincle establím entre aquests objectes i les entitats pròpies del món? El cert és que, en admetre que el sentit prové d'una representació, aquest "món real" s'oculta encara més i no resulta difícil defensar una visió que entén que el món real manté una condició inaccessible, talment com les coses-en-si kantianes. Entre la comunitat científica hi ha qui també comparteix aquest punt de vista i això es pot apreciar millor quan han d'explicar el que fan al gran públic. Així, els físics John L. Synge i Stephen Hawking donen a entendre que cal distingir entre

el món on ens trobem i les seves modelitzacions, diverses i formulades amb l'ajut de les matemàtiques²⁸.

Aquest tipus de declaració el fan precisament en comparar els models cosmològics, sobretot en el cas dels derivats de les teories clàssica i relativista. Per Synge, ni el model newtonià ni el d'Einstein són imatges exactes del món. Són bones imatges –que anomena M-mons– d'algunes de les característiques del món real mentre que d'altres no les tracten. Cadascun, però, presenta els seus avantatges. Mentre que el primer és més versàtil i aplicable a una major varietat de problemes tecnològics, físics i astronòmics amb gran precisió, el segon –tot i tenir una formulació matemàtica més complexa en els àmbits on coincideixen– és millor en les seves prediccions. No podem dir, però, que són equivalents ni que esta associats a les mateixes lleis precisament per aquesta disparitat en les seves conseqüències empíriques.

En tot cas, la convicció que és possible retirar el vel que oculta aquest món real forma part dels postulats d'ordre epistemològic del realisme, tal com veurem al darrer bloc del treball on mirarem si es tracta només d'una petició de principi.

2.1. L'explicació científica

Hem vist, en parlar dels usos heurístics dels models, que hi havia una component explicativa que calia establir quin abast tenia. Apuntàvem que es tractava d'una perspectiva que no es limitava a descriure i preveure fets sinó que proposava algun contingut ontològic. Caldria, però, justificar aquesta visió que considera els models ontològics com una component inevitable en l'ambició científica de comprensió.

La voluntat d'explicació sembla un element comú en l'activitat científica i té un fort vincle amb consideracions realistes –en la mesura que es pugui defensar que existeix una connexió entre aquesta i la veritat– però també amb la condició de teoria científica si entenem que aquestes es caracteritzen més per la seva dimensió explicativa que predictiva.

Però, què considerem una explicació? Es tracta del concepte més íntimament associat a l'activitat filosòfica de manera que trobem tota mena de concepcions implícites des del milesis. Aristòtil, que en feu un tractament sistemàtic en parlar de

²⁸ v. SYNGE (1976) p.28 o HAWKING(1993) cap.1 i 2.

cadena de causes²⁹, per exemple, ens recorda que no ens podem limitar a explicacions descriptives.

Quan fem al·lusió a una explicació oferta per una teoria es tracta, també, d'una el·lusió donat que pretenem entendre que un determinat fenomen s'explica *en el marc de la teoria*. És a dir, pretenem admetre que determinats fets o condicions expliquen, en relació a la teoria, allò que vulguem exposar de manera que intervenen tot un seguit d'elements tàcits o implícits.

En casos com la reducció teòrica o fenòmens de tipus més general aquesta expressió té un altre sentit donat que en dir que “la mecànica de Newton explica les lleis de Kepler” no estem parlant d'un fenomen determinat. Tot i així, es pot entendre com una expressió equiparable a l'anterior. Les lleis de Kepler, diríem, s'expliquen en el marc de la teoria de Newton.

Parlem també de la distinció entre una teoria que explica un fenomen i tenir l'explicació –o fins i tot *una* explicació– per aquest fenomen. En el primer cas el que entenem és que la teoria permet fer un relat pel qual va esdevenir el fet a explicar. No obstant, no vol dir que sigui la veritable raó malgrat que, certament, que expliqui els fenòmens és una condició central per a considerar una teoria acceptable. Però de la mateixa manera que la mecànica clàssica permet explicar les òrbites planetàries i les mareas no és suficient per a considerar-la *l'explicació*, tal com entenem en considerar preferible la relativitat general. I el mateix que succeeix per a la teoria ondulatoria de la llum o les contraccions de Lorentz per a altres fenòmens. Tot això, deixant al marge el possible caràcter provisional de les explicacions acceptades.

Els exemples ens suggereixen que podríem considerar acceptables aquelles teories que expliquin tots els fenòmens disponibles –de manera similar al fet que considerem preferible la relativitat general perquè explica el periheli de Mercuri– però hem d'admetre que no tenim mai una explicació total de manera que sempre estaríem en una situació de provisionalitat. Tal com veurem, però, la referència a un marc conceptual el màxim d'ampli possible respecte els fenòmens a explicar pot ser una de les condicions interessants a tenir en compte.

Per altra banda, la distinció entre teories i fets que expliquen es pot entendre millor en un contrast entre explicació i justificació. És a dir, cal fer una distinció, que

²⁹ Física VIII 5

sovint és rellevant, entre els elements que tenim per a explicar perquè sabem que es va donar un fet determinat i els que tenim per explicar aquest fet, de la mateixa manera que diferenciem entre el fet que Sherlock Holmes pot explicar perquè sap que algú és un criminal i les raons que expliquen perquè va esdevenir-ne.

La distinció entre el *què* i el *per què* la trobem ja en els primers recomptes d'aquest tema³⁰. La primera faria referència a una descripció dels fets, on podem considerar que l'explicació és sobre les capacitats cognitives de qui parla. La segona, faria referència al resultat d'aquest coneixement.

L'esfericitat de la lluna s'explica –es dedueix– per la forma de les seves fases. Aquest fet, però, descansa en una explicació del segon tipus donat que la seva esfericitat explica la forma de les fases. És tracta, doncs, d'un problema *d'asimetria* en l'explicació.

En altres casos, ni tant sols la convertibilitat no és tan visible i pot arribar a ser discutible. Si hom diu que “la música no sona bé perquè la sento estranya” no està donant una explicació equivalent a una expressada en termes d'harmonia. La conversió d'un fet en un altre és factible però requereix un conjunt d'assumpcions que pot conduir-nos en altres casos a fal·làcies correlatives.

Podríem acceptar que en les explicacions del primer tipus acceptem explicacions fenomenològiques malgrat que no ens mostra si aquesta correlació respon a algun motiu més profund.

Les teories, en principi, aspiren a donar raons de fons per a la darrera visió però això no comporta automàticament que hàgim de considerar-les veritables. Aquest és un aspecte que es vincula amb l'adequació empírica malgrat que ens hem de preguntar, com fem en aquest treball, pel que passa quan una teoria té el mateix suport empíric que una altra. En aquest cas la capacitat explicativa és un element preferent per a la nostra acceptació de la teoria.

No obstant, no podem negligir la crítica de Hume a aquesta aspiració³¹. Malgrat que es tracti d'una ambició comprensible –una regla de l'enteniment– l'escocès ens recorda que aquestes raons profundes que ens han de permetre explicar el per què, les causes dels fenòmens, no són accessibles a l'experiència.

³⁰ *Analític Segons* I, 13 (78b)

³¹ v. HUME(2005) L.I p.III s.XIV

L'explicació hempeliana

En assumir aquestes crítiques el positivisme haurà d'oferir una concepció de l'explicació que en pugui escapar. Aquesta és la idea que permet entendre la proposta que fa Hempel³² mirant d'escapar d'una concepció prèvia de causalitat. Si de cas, és a partir de la proposta d'explicació que podríem construir una idea de causa que no es fonamenti en mecanismes ocults.

Així doncs una explicació científica d'un fenomen consisteix en la subsumpció d'aquest a principis de caràcter general. És a dir oferir un raonament que permet formular el fet a explicar com a conclusió. Aquest raonament ha de tenir, com a mínim, una llei natural.

En funció de les característiques d'aquesta llei i del tipus de raonament que fem ens trobem amb diversos tipus d'explicacions com ara la *deductiva-nomològica* (D-N) o la inductiva o *probabilística* (I-S o D-S, segons el cas).

Aquesta darrera, que deixarem al marge, té un format i una idiosincràsia pròpia en la mesura que la connexió entre antecedent i *explanandum* té una forma probabilística. Així, per exemple, les explicacions donades en aquests termes permeten una certa ordenació –no així per les D-N, que són de terç exclòs– o la confusió habitual sobre el terme *probable* referit a l'argument –*likely*– i la referència a la freqüència observada d'un esdeveniment en una repetició controlada, és a dir la seva probabilitat mostral³³.

Cal afegir, a més, la problemàtica a tractar més endavant sobre el grau de confirmació d'una llei natural, encara que aquesta no sigui probabilística, que ens podria portar a reduir qualsevol explicació a una d'aquest tipus. Es tracta, però, d'una identificació que no distingeix entre afirmacions probables i provisionals de manera que ens limitarem a acceptar, com fa Hempel, que les lleis que intervenen en els arguments D-N són aplicables a tots els casos *per ara*.

El tipus deductiu i nomològic –que tractarem amb més detall en aquestes pàgines– permet incloure aquelles que fan referència a un gran nombre de fenòmens –entesos com a fets empírics que es donen de manera repetida– com reflexions i moviments mecànics. També permet entendre què volem dir quan

³² Per exemple a HEMPEL(1962) i sobretot a HEMPEL i OPPENHEIM(1948)

³³ v. HEMPEL(1962) s.2.2.

declarem que les lleis de Galileu o Kepler són explicades per la teoria de Newton donat que es es plantegen com a casos particulars de les lleis més generals.

No obstant, quan diem que la teoria evolutiva explica la varietat de formes de vida no estem reduint una teoria a una altra ni tampoc estem explicant un fenomen concret. La compatibilitat amb els fenòmens, que lògicament seria correcte, no ens remet al que considerem una explicació. D'aquí prové la necessitat que els elements del raonament, llei i condicions o fets previs aportats, hagin de permetre unes bases fermes per a creure que el fenomen a explicar es va donar. Els fenòmens poden encaixar però han de tenir alguna cosa a veure.

Aquesta condició de *rellevància explicativa*³⁴, que ens remet per altra banda a la distinció feta entre explicació i justificació de la creença, permet establir un criteri per a considerar què és una explicació i que no. Així per exemple, podem considerar que en cas que algú pronunciï determinades paraules –un conjur– abans de llençar sal a l'aigua, aquest criteri ens permet decidir si podem incloure aquest fet dins l'explicació de la dissolució del clorur sòdic.

La idea de causalitat, per altra banda, es substitueix pel criteri de *contrastabilitat* que es limita a la possibilitat de reproducció de l'esdeveniment, és a dir que s'entén com una llei empírica de caràcter fenomenològic. És a dir, la constatació que amb les mateixes causes es donen els mateixos efectes, malgrat que les primeres no sempre es formulen completament i de manera explícita.

Apareixen, de fet, diversos inconvenients en aquesta proposta. Per una banda el terme *nomològic*, que fa referència a fenòmens donats explicats a partir de lleis generals, sembla que deixi fora la possibilitat d'explicar lleis naturals a partir d'altres de més generals. Una llei no és un fet concret de manera que no sembla lícit incloure reduccions com les proposades dels models de Kepler a la mecànica newtoniana.

Per altra banda, en relació a la rellevància, donar fonaments per a creure que una cosa ha passat no coincideix amb *explicar*, com ja hem assenyalat en un principi. Això en conduiria a entendre, per esmentar un exemple freqüent, que en la deducció de l'alçada d'un pal de bandera a partir de la seva ombra hi ha l'explicació d'aquest fenomen. Quan diem que el desplaçament al vermell de les galàxies explica que

³⁴ HEMPEL(1984) p.78

s'allunyïn o que el baròmetre ens parla de la baixada de temperatures estem, igualment, complint amb el criteri de rellevància però és en capgirar l'argument, si de cas, que podem considerar que tenim una explicació adequada. És a dir, en exposar perquè les ombres es comporten de la manera que ho fan podem inferir la dada que fa referència a l'alçada del pal.

Pel que fa a la contrastabilitat, les objeccions són de caràcter divers. Per una banda cal tenir en compte que algunes de les explicacions són de caràcter probabilístic i aquestes no ens garanteixen que el fenomen s'ha produït. Aquest és el cas de lleis com la taxa de semidesintegració atòmica o de l'exemple –també habitual– de la parèsia, una afecció que es contrau amb una probabilitat baixa només en cas que s'hagi estat malalt de sífilis i no s'hagi tractat. Així doncs, en cas de parèsia, es pot explicar que ha estat per la sífilis. Però en cas que la darrera es manifesti –o es conegui que s'ha patit sense tractament– no hi ha garantia que el fenomen es repeteixi.

Com podem veure, malgrat que la contrastabilitat resulta una condició desitjable, en tant que extensible a tota disciplina científica, no està garantida com una condició present en el que admetem com a explicació de manera que no convé fer-la servir com a criteri.

Aquest fet, a més, ens remet a la incapacitat per part de la visió positivista de caracteritzar les lleis –fonamentals per aplicar aquest criteri explicatiu– de manera apropiada. Les situacions particulars deductives i nomològiques –malgrat que algunes expressions, com la correlació en els gasos entre pressió, volum i temperatura se n'escapin en el sentit que no es dona *primer* una característica i després l'altra sinó que es tracta d'una vinculació simultània i simètrica– tenen un aire de relació causals.

Perspectiva causal

Algunes d'aquestes objeccions –i altres, com el fet patent que acceptem com a explicació relats que no inclouen cap llei natural o la dificultat en distingir el caràcter explicatiu en fets que es consideren no observats dels que tenim raons per pensar

que són impossibles³⁵— porten a formular una proposta que vinculi més clarament causalitat i explicació.

Així, explicar un fet consistiria a mostrar la seva causa³⁶. El problema està, però, en una fonamentació adequada del que es considera una relació de causalitat que escapi a l'habitual crítica de Hume. Es pot parlar, per exemple, de reducció teòrica, com en el cas de les lleis òptiques a partir de l'electrodinàmica de Maxwell, el comportament social explicat en base a aspectes psicològics individuals o el socorregut cas del comportament del gas en termes de teoria cinètica molecular. Però també hi podem incloure explicacions de fets concrets com l'accident de Txernòbil o l'enfonsament del Titànic.

Així doncs, trobem que podem proposar una visió de l'explicació científica en termes de mecanismes i processos³⁷. Es tractaria de donar un recompte de les interaccions causals que es poden definir de manera empírica com a esdeveniments que apareixen de manera perllongada, apreciable, després que es donés un “contacte” és a dir, una coincidència en l'espai i el temps. No es tracta, per tant, d'una concepció de causa en termes deterministes en la mesura que accepta que esdeveniments com l'efecte Compton, que representa una interacció que es dona en termes de probabilitat, sigui acceptada dins els mecanismes de l'explicació. Aquesta proposta permetria establir la causalitat escapant a la referència a poder ocults, treballant només a partir dels efectes observables.

Explicacions contrastives o unificadores

Podríem afrontar una alternativa a la definició inicial sense recórrer a la causalitat si entenem que la pregunta explicativa el que vol es confrontar el fet del qual volem retre comptes amb altres possibilitats. Així *per què P?* es transforma en *per què P i no Q, R o S?*³⁸ Aquesta reformulació ens permet resoldre el sentit de l'explicació de manera que si ens preguntem *per què en Joan es va menjar la poma* esperem una resposta diferent a *per que aquesta poma és la que es va menjar en Joan?* Per perfilar, diem que la

³⁵ v. VAN FRAASSEN(1977), KITCHER(1989) o SALMON(1990)

³⁶ v. SCRIVEN(1959), (1962) i (1963).

³⁷ v. SALMON(1990)

³⁸ *Grosso modo*, la proposta de VAN FRAASSEN(1977) revisada a VAN FRAASSEN(1996) cap. 5.

resposta és la corresponent a la pregunta en contrast amb altres afirmacions. Així, si preguntem *per que l'alcalde va contraure la parèsia?* potser que el sentit contextual ens permeti afegir elípticament *i no altres ciutadans*. La resposta *perquè tenia sífilis* seria, per tant, la correcta. Però si la contraposem a *i no altres malalts de sífilis* ja no és una resposta vàlida.

Aquesta proposta ens permet identificar si una explicació té sentit en la mesura que la proposició a explicar ha de ser dins la col·lecció d'opcions possibles. També permet resoldre el problema de la asimetria explicativa, en situar-nos en el context explicatiu adequat. Les alternatives, per exemple, ens permeten saber si volem una argumentació justificativa o no.

Per altra banda, permet desvincular el caràcter explicatiu amb la virtut de veracitat o acceptabilitat que pugui tenir una teoria. Sabem que sovint donem per bones explicacions que no es fonamenten en aquests valors, com per exemple en el recurs a teories superades, com la mecànica clàssica, o considerem una possibilitat explicativa els arguments que parteixen de teories manifestament errònies, com la combustió per flogist o els fòssils a partir de catàstrofes.

Si volem que sigui útil per a perfilar la rellevància en l'explicació caldrà, però, algun mecanisme per restringir les alternatives. Es podria fer a partir d'una certa vinculació en espai i temps amb el fet a explicar però no sembla que reculli el sentit general de les pràctiques explicatives que s'han dut a terme.

La idea de contraposar el que volem explicar amb un rerefons d'alternatives s'inspira en la proposta que es coneix com *explicació per unificació*. En ser formulada per primer cop³⁹ es pretenia que el fet a explicar es relacionés amb un context provinent del conjunt de conseqüències relatives a un conjunt d'enunciats que s'havien de definir com atòmics, és a dir no es pugui descompondre en afirmacions independents. Es tractava, doncs, d'analitzar la relació d'una teoria amb la seva capacitat de ser acceptable a nivell global i unificar fenòmens dispersos. L'explicació neixia, doncs, de la combinació del fet amb el seu marc general.

La tesi central és que incrementem la nostra comprensió científica del món en la mesura que reduïm el nombre d'assumpcions independentment acceptables que

³⁹ v. FRIEDMAN(1974)

s'han de fer per explicar els fenòmens naturals, aquestes entesos com a regularitats en el sentit de Kepler o Hooke.

Aquesta proposta plantejava inconvenients tècnics que derivaren en una alternativa on el context unificador s'articula en forma de "magatzem explicatiu"⁴⁰. Així doncs, es considera que les explicacions es poden entendre com a derivacions d'un conjunt de proposicions que actuen com a premisses. Això si, el procediment pel qual obtenim la conclusió ha de ser explícit, s'ha de mostrar clarament. Per a fer-ho cal que acceptem només les derivades que provinguin del magatzem.

Tot això recorda d'alguna manera una proposta kantiana del món en termes de sistematització del coneixement⁴¹ i és per això que parla d'explicació com a Unificació. Es tracta de fonamentar la noció d'explicació en base a una imatge de la naturalesa simplificada a través d'una reducció del nombre de fenòmens independents que hem d'acceptar en darrera instància, admetent que es tractin de coses amb el màxim abast possible⁴². Mirem, doncs, de minimitzar les proposicions per maximitzar les conclusions. Es tracta, doncs, d'una perspectiva de condensació, d'explicació, de tipus global i que no es limita a proposicions aïllades que ens parla d'una visió en termes de causalitat que ja sabem que té una component metafísica que va lligada al realisme però ens permet tenir aquests postulats sota control.

L'explicació amb components ontològics

Trobem, doncs, que una definició d'explicació sota la perspectiva de la concepció heretada ha deixat pas a altres concepcions com les teories unificades o les causals on es barregen consideracions locals i globals. És a dir, que determinades visions permeten limitar-nos als fenòmens a explicar mentre que d'altres ens menen a considerar la seva relació amb el conjunt del coneixement científic.

Podem distingir, també, perspectives que podríem anomenar ascendents d'altres descendents de manera que les primeres comencen per observar el fenomen a explicar, per exemple la conductivitat d'una moneda de coure, que es procedeix a explicar pel seu caràcter metàl·lic i recursivament a principis més generals com ara

⁴⁰ KITCHER(1989)

⁴¹ v. KrV A645/B673 i s.

⁴² FRIEDMAN(1974) p.18

les referències a la seva estructura atòmica. Sembla que és el cas de les explicacions causals. Les teories unificadores, en canvi, treballen en justificacions que van de les relacions més generals a les particulars.

Es pot provar d'oferir una visió que sintetitzi tots dos mecanismes⁴³, encara que sigui en termes probabilístics, malgrat que en la pràctica simplement s'opta per una o altra possibilitat en el que podríem anomenar una informació explicativa que s'entén com una parcel·la de l'explicació ideal en funció dels interessos de l'individu o grup.

En general, de fet, les postures del positivisme lògic i la proposta causal són complementàries tal com es pot comprovar amb alguns exemples⁴⁴ on es poden explicar diferents casos i fenòmens apel·lant a una enumeració dels mecanismes que intervenen o bé enunciant una llei que n'ofereixi l'explicació teòrica. Així, per exemple, el moviment superior d'un cotxet de nadó amb les rodes frenades a un altre sense frenar es pot explicar en termes de forces i friccions o recórrer al principi de conservació de la quantitat de moviment.

No obstant, habitualment s'han vist aquestes posicions com a irreconciliables i caldria veure quina de les dues ens mereix una millor consideració.

De fet, existeixen alguns elements de reflexió sobre aquesta disparitat de criteris per definir el que és una explicació que ens poden ajudar.

El paper de la mecànica quàntica en aquestes discussions és significatiu. I més des de la resolució experimental de la polèmica de la localitat. Es tracta d'una teoria que prediu amb un èxit incontestable els fenòmens a on s'aplica però presenta serioses mancances respecte les condicions explicatives exposades. Podem dir que n'ofereix explicacions?

Bona part de les distincions i limitacions que el positivisme lògic o l'instrumentalisme imposa sobre el caràcter de les entitats que formen part del discurs científic s'expliquen per aquesta situació. Podem dir que, donat l'èxit de la teoria, es plantegen els judicis sobre el caràcter de l'activitat científica de manera que es minimitzin les condicions a imposar. És a dir, que es vol argumentar que no cal res més que una capacitat de previsió sòlida per tal de considerar que es tracta d'una

⁴³ v. RAILTON(1981)

⁴⁴ v. SALMON(1990) p.11 i s.

teoria, que explica els fenòmens i que, per tant, les mancances que pugui presentar són en realitat, exigències innecessàries.

Es tracta d'una afirmació que troba bons fonaments en casos històrics coneguts on s'ha considerat que les condicions necessàries per a una explicació ja no eren les mateixes. Amb l'aparició de la llei d'inèrcia, per exemple, deixem de preguntar-nos per què els cossos no segueixen en moviment o amb l'abandonament de la física aristotèlica ja no considerem una explicació complerta hagi de fer-se en termes de finalitat.

Així, la teoria compleix amb els termes d'una explicació hempeliana, per suposat, com també s'ajusta a les condicions d'una perspectiva unificadora. És segons la versió causal on trobem que hem de reconèixer que no ofereix una explicació donat que no incorpora els mecanismes de no localitat que es manifesten en la mecànica quàntica.

És cert que altres teories, com les socials, també tenen problemes per a satisfer l'explicació en termes causals però es tracta, més aviat, de dificultats tècniques que tenen a veure amb la precisió i detall de la seva aplicació i no pas amb cap impossibilitat de principi.

Troblem, comprensiblement, qui defensa⁴⁵ que la consideració que l'explicació és una de les virtuts centrals de la ciència no és correcta. Al cap i a la fi, les teories no ho expliquen tot, i fins i tot trobem vàlides explicacions que són incorrectes en altres àmbits.

Per altra banda, si l'explicació és fonamental caldria, en virtut de la seva capacitat superior en aquest àmbit, haver acceptat la teoria de les variables ocultes en el període en què es consideraven empíricament equivalents. Es pot al·legar que la raó era precisament que el caràcter metafísic de l'explicació la feia més antipàtica. Però hem d'admetre que, més aviat, es preferia una explicació sense variables ocultes per respecte al principi d'economia, un postulat definitivament metafísic.

El cas de la teoria evolutiva, per la seva banda, ens mostra com el que esperem en major mesura d'una teoria, és una explicació més que no pas una capacitat predictiva. Quan diem que aquesta teoria explica un fenomen el que diem és que

⁴⁵ VAN FRAASSEN(1996) cap.5

ofereix un relat sobre com s'hi pot haver arribat a partir de certes condicions a través de models que fan servir només processos genètics i la selecció natural. Això permet explicar, per altra banda, perquè algunes teories que són considerades inacceptables són susceptibles de ser utilitzades en termes explicatius. Malgrat que no es consideri un relat veritable –qualificació que recau dins l'àmbit epistemològic– si pot oferir un de coherent per als fenòmens a explicar.

Tot i així, cal estar atents a altres usos del concepte d'explicació. Així, trobem en disciplines biològiques i similars expressions que evoquen conceptes teleològics o adscripcions funcionals. Relats on l'expressió finalista ens permet pensar en termes d'intenció malgrat que la pròpia teoria no estipuli res de semblant. Aquest tipus d'expressions, que poden ser útils i tenen el seu lloc dins el discurs, no haurien de ser considerades una explicació si no s'ha mostrat, abans, la seva compatibilitat amb els mecanismes que aspiren a descriure. L'exemple conegut de les arnes de Liverpool que il·lustra els mecanismes de supervivència i la seva relació amb les característiques funcionals constitueix un bon exemple de com determinades expressions que són explicativament teleològiques amaguen, en realitat, un mecanisme causal⁴⁶.

Aquestes descripcions, de fet, corren el perill de derivar en respostes explicatives de marcat accent antropocèntric. Així, si bé podem trobar acceptable que ens responguin a la qüestió del *com*, considerar –com considerem– que respondre al *per què* és millor ens pot abocar a consideracions sobre els valdesa d'una explicació on prima la finalitat a l'estil de la física aristotèlica.

Explicar té una component de descripció però està clar que no es tracta d'una constatació neutra de les dades empíriques. Una explicació –una de científica– aspira a oferir alguna cosa més potent que la descripció, la predicció, la correlació, l'organització o l'exposició de premisses lògiques. Si es tracta d'una explicació cal que fem referència a alguna mena de causa d'aquestes dades, que ens referim a l'objecte de la descripció. Es tracta d'una disciplina que té una capacitat superior a altres àmbits de coneixement per aconseguir un objectiu com aquest. És a dir, si no

⁴⁶ v. WRIGHT(1976)

és la ciència la que ens pot oferir aquests relats, què ho pot fer millor? La religió, el mite?

Per fer-ho, mira de donar sentit a les regularitats –els fenòmens– assimilant-les a objectes “ideals de l'ordre natural”⁴⁷. Certament, aquest objecte haurà de tenir caràcter d'hipòtesi de manera que prendrà forma de model. Un model, però, que considerarem acceptable –potser fins i tot veritable– si correspon als fets i que ens permetrà explicar aquells aspectes de l'explicació que ens resultin “curiosos”, és a dir estranys. Així doncs, ens remetem a una explicació que ens permet familiaritzar-nos amb els fenòmens, que ens els descriu com a comprensibles perquè els relaciona amb alguna cosa més coneguda. És d'aquí d'on prové el terme “natural”, en tant que oposat a excepcional.

La filosofia ha de reconèixer que, malgrat les limitacions, aquest tipus d'explicació és la millor eina que tenim per a fer-nos una imatge de la realitat. Certament es tracta d'una visió del món que inclou una perspectiva general del mateix. No a nivell individual sinó com a tasca col·lectiva. La comprensió d'un fenomen, per tant, s'ha d'incloure dins aquesta visió. Aquest punt connecta bé amb la perspectiva d'unificació de l'explicació científica i amb l'ambició d'alguns grups de trobar una teoria unificada.

Però també expressa l'ambició científica de conèixer els mecanismes de la natura. Es tracta de saber *com funcionen les coses* en termes que ens aboquen directament al conflicte entre realisme i antirealisme. Els darrers, doncs, en negar a la ciència la possibilitat que ens ofereixi una explicació del món reconeixen implícitament que no en tindrem cap d'altra.

L'esforç positivista –materialitzat en la concepció hempeliana d'explicació– respon al precepte metodològic de deixar al marge tota pretensió metafísica. En aquest sentit, és raonable que s'arribés a qüestionar l'existència de les entitats teòriques de la teoria. Però tot aquest esforç no s'ha vist compensat. En certa manera, no ens movem de la conclusió de Hume que tot és costum fruit de la repetició. L'intent de convertir-ho en una expressió lògica formal no ha estat millor en la mesura que, com hem vist, els esforços per assignar algun sentit a aquestes

⁴⁷ v. WORKMAN(1964) p.250

entitats –la reducció, el recurs a les sentències de Ramsey i el teorema de Craig- no han estat fructífers⁴⁸.

Hempel, en tant que empirista, necessita definir les lleis naturals sense apel·lar a la causalitat donat que, si cal, pensa definir la darrera a partir d'aquí. Per tant es veu abocat a acceptar com a llei plantejaments correlatius.

Es tracta, de fet, d'una posició viciada des de l'inici. En reconèixer les limitacions del mètode empíric no s'accepta que les condicions que considerem essencials per a la comprensió del món tenen aquesta component d'incertesa sinó que s'opta per mirar d'evitar tot recurs als conceptes associats. En comptes de reconèixer la nostra ignorància, postulem la seva inexistència.

Però en mirar d'evitar un problema, en creem d'altres que són considerablement més importants. Pensar que ens podem limitar a recollir dades i organitzar-les amb criteris més o menys formals sense articular-los amb entitats que considerem concretes pot ser útil i pràctic, des d'un punt de vista empíric, però els resultats són igual d'accessibles pel cas que acceptem que es poden tractar d'entitats reals, amb l'inconvenient que deixem de banda un dels elements centrals de la curiositat humana, no els expliquen.

És a dir, en dissenyar tot un programa de justificació científica que passa per una sofisticació de criteris taxonòmics, renunciem a l'explicació sense guanyar res a canvi. L'ús de termes teòrics, tant si es fa des d'un punt de vista de ficcions útils com si es tracta d'atribucions fefaents de realitat, té els mateixos resultats per a l'avenç del nostre coneixement empíric amb la diferència que en el primer cas no hi ha cap esforç explicatiu sinó una mena de rendició davant el fet provat que tot relat sobre el que hi ha pot ser provisional.

Cal doncs, recuperar el concepte clàssic d'explicació en termes ontològics i l'existència d'aquests diversos models explicatius només ens recorda que hi ha una incapacitat epistemològica per a esbrinar quins són els que corresponen al món. Es pot recórrer, en la nostra necessitat racional d'explicació, a nocions kantianes o a un realisme provisional però sigui quin sigui el cas sembla un esforç més honest amb les nostres ambicions que la fugida instrumentalista.

⁴⁸ v. MAXWELL(1962) p.15 i s.

L'ús dels models resulta inestimable perquè en la descripció d'allò inobservable, la seva expressió i conceptualització, per exemple, s'ha de fer en termes d'altres experiències. Ja hem esmentat el paper dels préstecs terminològics per a una primera aproximació que després s'han de polir i les característiques dels quals s'han de modificar. Però fins i tot en casos així no estem dient que fem servir els termes com una expressió "ideal"

Proposem, doncs, la incorporació del model ontològic a les explicacions que puguin donar, ja sigui sota una concepció unificadora, on les entitats permeten explicar per què diversos fenòmens tenen alguna mena de vinculació, o des d'una perspectiva causal o mecànica. En el darrer cas, el model ontològic ens permet descriure aquest mecanisme de manera més comprensible, tal com correspondria a la finalitat que caracteritza aquesta mena de representacions.

No es tracta, però, d'acceptar necessàriament que s'afirmi que el que descriu l'ontologia és el que existeix. Podem considerar-ho ficcions necessàries, si volem. O acceptar que malgrat que es tracta d'una proposta amb ambició real el nostre coneixement està subjecte a l'error. El que es pretén, si de cas, és admetre que una explicació ha d'incorporar alguna proposta ontològica per a ser satisfactòria.

La idea de que es tracten d'objectes reals descansa sovint en una consideració de les proposicions com a constatacions de les seves propietats que ens mena a pensar en aquest com a conegut. Trobem, però, casos que ens mostren com aquesta confiança nascuda de la creença que en sabem les característiques es pot revelar, més endavant, com a falsa. Els físics del s.XIX consideraven l'èter com a familiar en virtut del coneixement que tenien de les seves propietats⁴⁹ i això no ha estat cap inconvenient per abandonar la nostra creença en la seva realitat.

El recurs a les entitats del model té també recorregut en el desplegament de les relacions causals en una explicació. Ens permet lligar de manera clara el *què* i el *com* de manera comprensible reforçant la narració explicativa.

En una explicació causal observem com els esdeveniments es desenvolupen quasi de manera inexorable cap al fenomen que volem explicar. El model ontològic

49 v. BLACK (1966) p.223.

estableix una prioritat causal en les lleis que puguin intervenir en l'explicació de manera que proposa un esquema que configura qui és causa de qui.

També contribueix a resoldre la confusió entre argumentacions justificatives i narracions explicatives. És a dir, diferenciar entre allò que ens permet explicar perquè creiem que la conclusió és correcta i explicar la pròpia conclusió. Es tracta d'una distinció que té a veure, també, amb els raonaments inversos. Quan expliquem perquè creiem que s'ha donat un fenomen a partir dels seus efectes no estem explicant perquè s'ha donat el fenomen sinó que en fem una reconstrucció. Es tracta de dos formats d'explicació diferents que sovint tenen un comportament complementari que podem distingir per la seva cadena causal, que n'explicaria l'assimetria.

Pel problema del pal, per exemple, hi trobem els dos elements: la justificació de l'altura a partir de l'ombra i l'explicació de perquè l'ombra és d'una determinada mida en funció de l'altura i l'angle d'incidència de la llum. La idea positivista d'abandonar la metafísica ens mena a ser incapaços de resoldre una asimetria que, en l'ús de la causalitat que permet el sentit comú, es resol de manera simple. En haver d'acceptar el tractament de les correlacions que es donen en aquests casos i renunciar a la distinció entre causa i efecte ens veiem forçat a confondre les dues argumentacions.

Un concepte d'explicació que incorpora el model ontològic resulta compatible amb els tipus d'explicació causal i unificador com també ho és amb la tipologia explicativa probabilística. En aquest cas l'existència d'un relat vinculat a entitats subjacents ens permet explicar fets que no es donen en circumstàncies deterministes malgrat que no es pugui oferir el mecanisme que desencadena els esdeveniments.

Així per exemple, en el cas de la parèsia, malgrat que es pugui adduir l'existència d'una argumentació en termes de mecanisme que ens resulta desconeguda –i d'aquí la incapacitat per establir quan es desenvoluparà la malaltia en funció de la condició prèvia de patir sífilis– si que ens pot resultar suficient una explicació en termes ontològics. Es pot considerar un element satisfactori la constatació d'alguna causa comuna en termes d'entitats, com els bacteris que provoquen la primera malaltia, que permet explicar, en certa mesura la incidència probabilista associada.

Així doncs, hem vist com a banda dels dos grans tipus de concepció explicativa – la hempeliana que entén que importa sobretot la capacitat predictiva i deductiva i la unificadora que es centra en la capacitat de connectar diverses lleis i fets– és possible defensar una perspectiva més vinculada a aspectes ontològics.

Estudiant el cas d'una teoria que va esdevenir un paradigma del que es considera una explicació podem observar que és possible fonamenta-la en tres condicions⁵⁰: la inclusió de descripcions d'entitats que en part no han estat observades, la consideració de veritable perquè s'ajusta als fets i la descripció de l'objecte d'explicació en termes que li confereixin naturalitat.

Hem de veure que els models ontològics poden contribuir a donar forma a aquest tipus d'explicació científica. Descartat el criteri hempelià de raonament a partir de lleis naturals que responen a exigències positivistes, podem recuperar la noció de causalitat no ja construïda sobre elements empírics sinó fonamentada en narracions que incorporen les entitats que formen part de la descripció teòrica. Així doncs, una teoria pot oferir una explicació científica en la mesura que aporta una ontologia que contribueix a aquestes narracions comprensibles.

Aquesta ontologia pot ser considerada una ficció o, si es vol filar més prim, un *simulacre*⁵¹. És a dir, a partir dels models que ofereix la teoria es pot construir un relat que expliqui els esdeveniments, els fenòmens i les seves relacions. Aquest relat pretén ser real o com a mínim acceptable.

2.2. Teories i models ontològics

En l'anàlisi de l'estatut ontològic de les entitats teòriques – com en el cas de la geometria no euclidana que veurem tot seguit– es pot observar com els termes de la teoria necessiten una referència semàntica si no volem –com s'ha assenyalat en contra de la visió formal de les teories– que les proposicions no tinguin sentit definit.

El problema de la definició dels termes és ja un clàssic i s'afrontava en plantejar una reducció dels mateixos a altres conceptes amb una vinculació més directa a les

⁵⁰ v. WORKMAN(1964)

⁵¹ en una tesi similar a la que s'exposa a CARTWRIGHT(2003) cap.8

dades observables o bé per designació directa. Aquest darrer cas ens remet a la definició coordinativa.

La primera opció planteja els inconvenients habituals per les propostes sintàctiques. Entre aquests hi ha una de significativa com és la impossibilitat d'assegurar que aquesta reducció és única⁵².

Però què passa quan es fa una designació directa? Certament semblaria que en vincular-hi objectes no hi ha marge a l'ambigüitat. Hi ha termes que no es poden definir de manera inequívoca si no és per aquest mètode –com pot ser l'exemple que dona Reichenbach per fixar valors per la temperatura⁵³ o el cas de la mètrica espacial, que tractarem amb més detall en la propera secció– però d'altres simplement no són accessibles directament, com massa, electró, camp o mercat. És en aquest punt que el model es constitueix com a referència dels termes amb caràcter abstracte però que representa entitats amb ambició real⁵⁴.

De fet, fins i tot en casos en que la formalització ha estat possible, podem entendre que un conjunt de proposicions no és substituïble per un altre d'equivalent –en la mesura que són mútuament deductibles– si no tenen el mateix significat. En tenir en compte l'abast semàntic de les mateixes podem defensar que una proposició té el significat de les idees que evoqui en enunciar-la de manera que una teoria serà fèrtil si els conceptes associats van més enllà de les lleis que explica⁵⁵. Es tracta, doncs, d'una funció central pels models fer de contingut semàntic, de *designatum*, dels termes a interpretar en un àmbit que ja sigui familiar⁵⁶.

Òbviament aquest argument recau en el fet que els elements del model que donen significat als termes de la teoria en tenen un per si mateixos. En efecte, recordem que per tal que una cosa sigui considerada un model cal que hi hagi un major grau de definició, o de familiaritat, en aquest que no pas en allò modelitzat.

En principi sembla que hi hagi un cert procés circular en parlar de termes que donen lloc al model que serveix de referència als termes però el que volem expressar és com el procés de desenvolupament d'una teoria –que recordem que disposa dels models fenomenològics– comença amb el que dona lloc als termes *per referència* i és a

⁵² v. MAXWELL(1962) p.15.

⁵³ REICHENBACH (1938) p. 37.

⁵⁴ LEATHERDALE (1974) p.57.

⁵⁵ v. CAMPBELL (1957) p.132.

⁵⁶ V. SPECTOR (1965) p.140

partir d'aquí que construeix la formalització de la teoria. Hi ha, per tant, un continu entre els models que tenen un paper en el desenvolupament d'una proposta científica i el que queda associat un cop aquesta està consolidada.

Aquesta funció, mostra un lligam clar amb l'esmentat ús dels models per a l'aprenentatge dels termes en la mesura que ens permet definir-los per designació. Sembla, però, que aquest tipus –el fenomenològic– reconeix, o si més no accepta, que no es tracta de referències reals per als termes encara per definir. Però un cop consolidada la teoria, aquells models que semblaven provisionals, que constituïen un suport temporal per a la construcció dels termes, passen a ser elements que són vàlids. Podríem dir que han superat un procés d'assaig i error que els ha considerat com a designacions vàlides d'una teoria consolidada. Aquests models, que restringidament identificaríem com a teòrics, són en l'àmbit d'aplicació de la teoria els elements que permeten comprendre el significat dels termes formals. I és per això que podríem definir el model ontològic com la referència dels termes coordinatius.

Pel cas de les òrbites en mecànica celeste, per exemple, el model fenomenològic de Kepler permet establir l'existència d'elements essencials, amb un estatut ontològic provisional, com són les òrbites –enteses com la trajectòria dels planetes al voltant del sol– de les quals en tenim una observació molt indirecta en la seva posició a l'eclíptica, l'òrbita del antic model aristotèlic. Fins i tot podem dir que el mecanisme analògic que va permetre concebre aquesta nova entitat era el concepte previ d'òrbita geocèntrica.

Un cop aquest model permet la representació de les posicions dels planetes de manera ontològicament significativa –el que podríem dir una representació del que *realment passa*– la construcció d'una teoria que formalitzi i expliqui en termes causals aquest model esdevé possible. Aquesta és la tasca que emprèn Newton en explicar a partir d'altres elements ontològicament rellevants perquè té sentit considerar-la com a real i fins i tot la seva forma geomètrica.

Així, quan a partir d'aquest moment, la teoria es refereix a les òrbites la referència del terme està definida i forma part del model ontològic de la mateixa.

Que les teories són les dipositàries de la proposta ontològica no és una idea nova. Això permet establir que els postulats existencials pertanyen a l'àmbit de discussió de validacions de les teories i per tant escapen a la concepció –més oberta, més vaga, i per tant menys sòlida– de la caracterització dels models. Hem vist, però, que la concepció d'aquests com a representacions operatives ens porta a considerar la proposta ontològica d'una teoria com un model més –encara que sigui d'una tipologia diferent.

Sigui quin sigui, però, el tipus de distinció que es fa amb les teories i la nostra disposició a acceptar que tenen una naturalesa similar als models en analitzar les característiques pròpies de la nostra proposta existencial podem defensar que *tota teoria comporta un model ontològic*. Una afirmació que ja es pot anticipar en termes com «caracterització intrínseca de la teoria»⁵⁷ malgrat que s'atribueixin a tipologies d'altre tipus com poden ser els esmentats models teòrics en combinació amb les lleis pròpies de la teoria.

Per altra banda ens trobem que hem de resoldre si es possible establir una referència ontològica *única* dels termes d'una teoria. És a dir, una formulació teòrica porta associat inequívocament un sol model ontològic? Cal veure la caracterització que fem de les teories en base a la qual observarem si aquestes fonamenten una ontologia “natural” .

Les propostes que incorporen criteris historicistes a l'explicació científica són comprensiblement sensibles a l'existència d'aquests models –ja els considerin com a part de paradigmes, programes d'investigació o tradicions de recerca– en tant que entenen que expliquen la profunditat dels canvis que tenen lloc. Es tracten de canvis que afecten a la perspectiva que es té del món i a les assumpcions acceptables per la metodologia preponderant⁵⁸ i ens parlen de la varietat d'aquests models ontològics. No obstant, el que expressen no és la idea que un determinat àmbit sigui compatible amb diverses propostes ontològiques sinó que fan visible que els canvis en aquests es corresponen a modificacions en la concepció de les entitats del món. Es tracta, doncs, de constatar que si canvia la teoria de base, canvia el model.

⁵⁷ SUPPES (1967) p.60-62.

⁵⁸ V. KUHN(1975) cap.X

Si el que volem és comprovar que aquesta diversitat en els models es dona també per una mateixa formulació podem remetre'ns a casos determinats. Analitzarem més endavant algun cas més detalladament però podem constatar, per començar, com podem observar alternatives ontològiques en àmbits científics de nivell més alt, com ara la biologia evolutiva, la psicologia o fins i tot la química.

En el camp evolutiu, per exemple, podem trobar propostes diferents com són les de Dawkins i Hull⁵⁹.

Pel primer, l'evolució es pot entendre considerant els éssers vius, entitats biològicament significatives, com a vehicles de gens. Així doncs, són aquests darrers les unitats fonamentals de la teoria que es proposa. A partir d'aquí la caracterització dels elements observables en els mecanismes evolutius, com ara la lluita per la supervivència, es poden considerar manifestacions d'aquests elements la lògica de replicació dels quals és el motor de les altres propietats.

Hull, per altra banda, ens proposa un desenvolupament de l'evolució en termes d'espècie on aquestes són enteses com a classes restringides espaciotemporalment definida a partir de la covariància en les característiques dels seus individus. Una proposta així pot articular la teoria a un nivell diferent de com ho fan els gens o els organismes.

Això es pot justificar en considerar que el sentit dels termes teòrics deriva de la teoria i, en la mesura que l'àmbit dels gens és el de la genètica molecular, l'evolució de les espècies s'hauria d'articular a partir d'una ontologia al voltant d'aquest concepte fonamental.

Ara bé, es tracta de models heurístics o bé són propostes de comprensió del món? La fertilitat heurística garantiria l'encert de la proposta si és entesa exclusivament com una eina i no hi hauria més discussió al respecte. Però si l'entendem com una proposta ontològica, podem veure que es tracta de mecanismes estructurals que permeten explicar les entitats biològiques de nivell més complex, en aquest cas dels organismes d'una manera que s'acabi formalitzant en els mateixos principis evolutius que els corresponents a altres models.

⁵⁹ V. DAWKINS(1994) i (1982) i HULL(1977)

Dawkins, en principi, la presenta com una simple “manera de pensar” amb una metàfora –el cub de Necker– que li permet tractar la seva perspectiva com a perfectament equivalent a qualsevol altre de més canònica⁶⁰. Si de cas, un nou punt de vista que es manté a la mateixa distància de la veritat. Però més endavant considera que aquesta equivalència queda curta i passa a pensar que tracta amb raons fonamentals per a la comprensió de l’evolució i el comportament de les espècies. Tal com detalla al final del capítol, es tracta d’una manera diferent de veure el món. Malgrat que aquesta afirmació es pot entendre simplement com una extensió del concepte heurístic també hi ha marge, doncs, per a considerar que ens parla d’una proposta en termes d’entitats fonamentals.

En tot cas, la percepció inicial que es tracta d’una perspectiva equivalent ens permet entendre perquè no s’ha considerat rellevant la idea que coexisteixin diverses propostes ontològiques en una mateixa formulació teòrica. Es consideren punts de vista sobre la mateixa realitat de manera que es perceben com a perspectives instrumentals d’una mateixa ontologia.

En relació a la química, per altra banda, es pot veure com la discussió ha tingut un recorregut ontològicament més viu. Tal com comentarem més endavant, la vinculació d’aquesta disciplina amb la física en termes reduccionistes ha permès que apareguin caracteritzacions ontològiques en conflicte de manera més clara.

Trobem, per exemple, com davant de la posició fiscalista que considera que el comportament dels elements químics deriva ontològicament de la seva composició atòmica és possible defensar la consideració de les substàncies bàsiques de la disciplina, tipus naturals que expliquen els principis fonamentals de la disciplina sense recórrer a d’altres teories⁶¹.

L’objecció té sentit no només perquè, independentment de la capacitat reductiva de la física, cada ciència té el seu propi sistema de tipus naturals sinó perquè aquesta reducció entre disciplines no està gens clara. En provar d’aplicar mètodes de reducció com els que explicarem en les fases finals d’aquell treball es comprova que

⁶⁰ DAWKINS(1982) cap. 1

⁶¹ V. VIHALEMM(2010)

la teoria reductora, la química quàntica, no es encara prou capaç d'oferir els mecanismes adequats⁶².

Serveixin aquests exemples per veure que efectivament trobem diversitat de propostes ontològiques associades a formalitzacions teòriques acceptades. Hem vist, i veurem amb més detall en un cas d'estudi més detallat, que sovint no es consideren, des d'una perspectiva interna, teories diferents. Sembla lícit i fins i tot comprensible que sigui vist així des de la perspectiva del professional. Els mètodes i recursos heurístics que cadascú aplica o fins i tot que comparteix amb la comunitat no tenen perquè ser percebuts com a part de l'explicació final que s'ofereix.

Però des d'una òptica filosòfica hem de considerar-les diferents. De tot allò que ens pot interessar la ciència, destaca la seva capacitat per descriure el món, d'arribar a comprendre allò que ens envolta. I certament, el model ontològic associat és un dels instruments més rellevants.

Certament podem fer cas a les seves consideracions i acceptar que es tracta en realitat de la mateixa ontologia –sobretot si els models responen a diferents graus de reducció entre teories– malgrat que resulta difícil entendre-ho per casos de manifesta incompatibilitat.

En tot cas, ens hem de preguntar, perquè no es dóna de manera natural un model ontològic associat a cada formalització teòrica?

Hem vist que la separació entre els conceptes de teoria i model està subjecta a controvèrsia i presenta una certa diversitat de criteris. Les propostes més ben articulades, com ara la sintàctica –que planteja una formalització buida– consideren que els models poden ser la causa històrica de les teories però aquestes no són de cap manera el producte lògic. Cal veure si les conseqüències heretades de la visió sintàctica es conserven. En efecte, sovint trobem que les al·legacions ontològiques recauen en la teoria i que és d'aquesta que prové la càrrega existencial dels models com ara els teòrics.

Com ja hem esmentat, la indefinició en els termes d'una formalització ens aboca a la proposta d'un model adjunt. Això ens permet concloure que no hi ha cap garantia que el model ontològic d'una formulació teòrica sigui únic.

⁶² V. HENDRY(2010)

També hi ha una delimitació clara de la visió semàntica que entén que la teoria es pot defensar com un tipus de *metamodel*. Si aquesta perspectiva considera que els models associats són previs a qualsevol formalització –encara que sigui parcial– cal considerar que es partirà d'aquelles entitats que tinguin rellevància en la col·lecció de models corresponent. Però, en base a què s'ha fet la tria? Quines són les entitats que es consideren rellevants?

En la mesura que la proposta ontològica es fa en termes de model aquest ha de tenir una font –ja sigui el conjunt dels models transitoris de tipus fenomenològic o la pròpia sintaxi buida de la teoria– i ja hem vist que una mateixa font permet obtenir diversos models diferents. En el cas d'una proposta lingüística formal aquesta varietat és una de les objeccions habituals a la concepció heretada. Per la banda de les famílies de models que formen la teoria segons les perspectives semàntiques podem dir que, donat que aquests són previs a la formalització, la tria dels elements essencials dels mateixos condiciona quin caracterització ontològica s'ofereix finalment.

Cal entendre, però, que la presència de propostes ontològiques alternatives no és gran malgrat que es consideri acceptada la possibilitat lògica. Els exemples que hem revisat s'expliquen per raons diverses, com ara la consideració que es tracten d'heurístiques útils més que no pas d'ontologies diferents o que encara siguin teories per consolidar des del punt de vista conceptual. Més endavant veurem algun cas producte de la discussió pròpiament filosòfica.

Les raons per explicar aquesta escassetat són atribuïbles a causes sociològiques i psicològiques més que no pas a raons internes de l'activitat científica. No hi ha gaire estímul per a qui es dedica a reformular teories que són considerades madures i que no presenten greus disfuncions. No n'hi ha per part de la comunitat, que “premiarà” l'agosarat en el millor dels casos amb la ignorància, ni tampoc d'un mateix, que tindrà la sensació que no està aportant res de nou i que ni tant sols es veuria compensant per la satisfacció del coneixement adquirit. Més aviat al contrari, plantejar un sistema ontològic alternatiu ens mena pel camí de l'escepticisme.

La idea que la dipositària del caràcter ontològic del nostre coneixement científic és la teoria no és incompatible amb la tesi que aquest no és únic. En certa manera, el

que mostrem és que és així, a través de les teories, que efectivament es postula l'existència d'entitats responsables dels fenòmens observats. Però per a fer-ho cal assenyalar els dos elements apuntats anteriorment, és a dir a) que una teoria, en tant que incorpora una proposta ontològica, és una eina de representació dels fenòmens de manera que respon a la nostra concepció de models –i per tant es tracta d'un model ontològic– i b) que les formulacions exclusivament formals, en tant que expressions de caire fenomenològic, han d'anar acompanyades de la corresponent proposta d'entitats fonamentals si volem que siguin considerades explicacions teòriques.

Quan es diu, per exemple, que «la teoria de Maxwell són les equacions de Maxwell»⁶³ s'està defugint el fet que es fonamenta en l'existència de l'èter però està clar que les equacions requereixen. En aquest cas la vindicació del valor exclusiu de les equacions es fonamenta en la noció d'un model ontològic obsolet. Podem, per altra banda, establir que aquestes equacions són expressions equivalents d'una mateixa naturalesa tal com pretenia Einstein en la formulació de teoria relativista. Per ell, la formulació en forma d'equació de l'electromagnetisme és igualment vàlida però descansa sobre una concepció ontològica diferent. Això no vol dir, però, que la resta de proposicions teòriques siguin les mateixes.

Hem constatat que les propostes fenomenològiques també poden anar acompanyades de postulats existencials de manera que es poden considerar prèvies a la teoria. Si volem mantenir que són les teories les que formulen una ontologia per als fenòmens aleshores sembla que el que es defensa és que una determinada col·lecció de models esdevé, a partir de criteris metodològics, una nova teoria en el moment en que es considera que les seves propostes d'entitats tenen una justificació suficient com per a no considerar-les pures ficcions.

Notem, però, que es produeixen algunes contradiccions en l'ús dels termes. Per una banda esmentem que les teories comporten models ontològics, d'altra banda assenyallem que no són únics. No sembla que ambdues afirmacions siguin compatibles.

En realitat, l'origen d'aquesta confusió està en el fet que denominem com a *teoria* coses diferents. Per una banda, seguint la tradició més habitual, considerem que la

⁶³ V. LEPLIN(1977) p.18

teoria té una component de formulació lingüística amb ambició formal, amb lleis i principis generals. Per altra banda, entenem que incorpora models de diversos tipus que tenen a veure amb el significat dels termes que apareixen en les proposicions formals. Es tracta d'un debat sobre la naturalesa de les teories ampli i treballat en el que no volem entrar.

El que pretenem és establir, per al nostre interès una concepció filosòfica de les teories que expressi aquest doble caràcter. En conseqüència, establirem que –en termes filosòfics– una teoria hauria d'estar formada per un conjunt d'enunciats més o menys formals –on hi podem trobar, per exemple, les lleis– juntament amb un model ontològic que permet reconèixer, al seu torn, altres models –els teòrics– acceptables en base a la seva caracterització a partir de les entitats postulades i per tant considerarem com a diferents aquelles que tinguin models ontològics diferents.

Lògicament, si la proposta ontològica no és explícita sovint es possible inferir-ne una d'implícita atorgant als elements formals un caràcter d'entitat però aquest –tot i que inevitable en absència d'altres propostes– no ens ofereix garantia d'unicitat i ens pot conduir a conclusions contradictòries o insatisfactòries.

Aquest caràcter derivaria, si així entenem les teories, de les entitats que componen els models que formen la teoria. Per a l'empirisme lògic aquesta proposta ontològica representa una interpretació concreta i per tant també es fa imprescindible per a la traducció de les proposicions teòriques en termes observacionals. És a dir, una perspectiva sintàctica també exigeix associar-se a un model que doni sentit als termes anomenats teòrics.

Així doncs, sigui quina sigui la perspectiva que es vulgui mantenir sembla clar que hem d'admetre i fer explícita l'existència de propostes ontològiques que, per nosaltres, prenen forma de model. La nostra proposta, a més, passa per identificar sense problemes teoria amb model ontològic donat que els criteris de demarcació aparentment no aporten cap element de clarificació. Entenem que el tipus fenomenològic ens mostra que és una atribució pròpia dels models postular les entitats que hi ha darrera dels fenòmens i que establir l'existència d'una teoria ens permet admetre que una determinada classe van més enllà de la idea de ficció explicativa per adquirir la categoria de proposta existencial. I que donat el caràcter

representatiu de les teories aquestes s'han d'entendre com un model general, un metamodel si es vol, d'una parcel·la del món amb pretensions veritables.

Per altra banda, ens permet distingir i alhora explicar com és fa el pas des d'una explicació fenomenològica a una teoria consolidada en entendre les darreres com a propostes ontològiques rellevants mentre que considerem les primeres com un artifici útil. Podem dir que l'existència de models ontològics està unívocament vinculada a la renúncia al reduccionisme teòric. Ens obliga a rebutjar –des d'una perspectiva filosòfica– les propostes de reducció formal a termes observacionals que atorguen als elements teòrics el paper d'eines mnemotècniques per acabar, novament, davant d'una taxonomia de dades empíriques. És aquest propòsit, de fet, el que dóna sentit a l'articulació d'un concepte com el de model ontològic i ens convida a fer-lo servir com un mecanisme per a distingir entre les explicacions que la ciència ofereix sobre el món.

A més, acceptar que una teoria comporta aquesta tasca com a model ens permetria entendre perquè hi ha qui ha considerat que la relació de representació que es donava en els altres tipus era d'isomorfisme⁶⁴, donat que, ara sí, disposem de les estructures a relacionar a través d'una aplicació d'aquest tipus.

Ja hem vist –a favor de la condició representativa dels models empírics– que aquests no tenen una contrapartida experimental directa de manera que, més enllà de les seves característiques deductivament observables no en tenim constància directa del mateix. En realitat, la tasca que realitzen és la de remarcar que entenem que una teoria –i per extensió l'activitat científica– no és una simple taxonomia amb capacitat predictiva sinó que respon a criteris més profunds que ens permeten comprendre el perquè d'aquest èxit en la previsió de dades experimentals encara que no s'entri a valorar si tenen una contrapartida real.

Aquesta valoració no es fonamenta en una consideració menor de les taxonomies. Està clar que existeixen classificacions que podríem anomenar naturals i d'altres que podríem considerar arbitràries. Una distinció que ens permetria considerar les primeres des d'una perspectiva realista com aquelles que poden ser veritables o falses. Ara bé, el criteri que puguem aplicar per a considerar-les així

⁶⁴ V. VAN FRAASSEN (2008) p.238

presentarà indubtablement problemes seriosos. De quina manera podem saber que una taxonomia és natural? La proposta que mostra més solidesa serà la que es construeixi des d'una perspectiva "genètica" – de manera similar a les taxonomies filogenètiques en biologia– que apel·li a les entitats que li donen sentit. Però si és així, ens trobem novament que la responsabilitat de la teoria és la de subministrar-nos un origen substancial de les classes categoritzades⁶⁵.

Per tant, fins i tot en el cas que una teoria no presenti o no permeti visualitzar el model ontològic associat cal acceptar que des d'una perspectiva filosòfica aquest hi és. En el cas extrem que no es pugui arribar a constatar hem de veure com els propis elements formals de la teoria –les parts més bàsiques de la seva formulació– esdevenen per omissió el model ontològic postulat. En fer-ho, podem entendre com una teoria és més que una col·lecció de resultats experimentals, donat que proposar entitats explicatives a partir d'una taxonomia resulta una tasca absurda.

Hem de ser conscients que considerar una teoria com associada a un model ontològic li resta força en el seu caràcter realista. Hem pogut veure que els models, per la seva naturalesa, no porten implícita la caracterització veritable del que postulen. Només el fet que les seves conseqüències empíriques siguin verificades incrementen la probabilitat que siguin veritables però veurem que, en la mesura que les entitats postulades siguin inobservables, aquest fet no és suficient.

Vèiem, a més, que perquè un model tingui sentit com a tal, cal que la nostra familiaritat amb el mateix, potencialment o *de facto*, sigui més gran que allò que representa. En el cas de les propostes ontològiques això és cert per definició donat que ens parla de coses que no podem abastar directament i ens les fa intel·ligibles.

2.3. Models ontològics com a condició d'intel·ligibilitat.

La consideració de les teories com a mecanismes de predicció de nous resultats ens aboca a una visió utilitarista de la ciència. Aquesta proposta pot resultar interessant des d'un punt de vista social però en tot cas no correspon a la pràctica

⁶⁵ Per un tractament detallat dels problemes taxonòmics v. SUPPE(1989) cap.7

científica ni a l'ambició filosòfica. La ciència planteja una *concepció del món* i fora bo que fos la més pròxima possible a una realitat que postula.

No és rar, però, trobar qui declara que la seva aspiració es redueix, en realitat, a la formulació de prediccions que s'acaben complint. En un cas així hauríem d'acceptar com a activitat científica la hipotètica aparició d'una màquina predictiva de la que desconeguéssim el mecanisme. La millor explicació científica seria la més fèrtil – empíricament, heurísticament – sense importar el grau d'intel·ligibilitat.

Per tant, malgrat que hem de constatar les limitacions que es donen no podem assumir com a solució una renúncia a aquesta ambició de comprensió i apostem per una ciència que hi aspira encara que després es constati les seves limitacions. Altrament, per escapar a les dificultats derivades renunciariem a allò que entenem que és l'essència d'aquesta activitat.

Hem de considerar aquesta una posició realista? Certament, li és propi assumir que hi ha un món més enllà de la nostra experiència del qual en proposem la composició però l'afirmació que aquestes entitats són conegudes gràcies a la teoria pertany a l'àmbit de l'epistemologia més que no pas a la mecànica interna del coneixement científic. Tal com veurem més endavant, el contingut metafísic d'aquesta afirmació és el mínim exigible mentre que la versió epistemològica del realisme no és necessàriament compatible amb la idea de models ontològics.

De fet, la constatació que les teories contenen una proposta ontològica que pot ser diferent malgrat compartir els mateixos principis formals porta més aviat a conclusions poc donades al realisme. El fet que aquesta diversitat de concepcions es pugui traduir en les mateixes lleis, pot portar a considerar que resulta inviable garantir el coneixement de l'estructura ontològica del món.

En primer lloc, donat que podem establir que aquests models es manifesten com a referència dels termes teòrics podem considerar que qualsevol construcció ontològica d'aquests és susceptible de ser considerada com a tal.

Fins i tot les teories obertament fenomenològiques treballen amb el supòsit realista com ajuda heurística de manera que, en cas que esdevinguessin una teoria consolidada en termes de descripció del món, només es produeix un canvi en la consideració ontològica del model. Així, pels casos on l'analogia que dóna lloc a les

perspectives correlatives és prou visible, el procés de maduració l'acaba imposant com a concepció substantiva. Així per exemple, en passar d'una concepció en termes de descripció de correlacions entre fenòmens –com fou el model de Kepler– a una altra més substancial –com la concepció gravitatòria– el model ontològic emergeix, per exemple, en termes causals. En un procés d'aquesta mena el que semblava una ficció pragmàtica esdevé una visió del món.

En altres casos, però, la perspectiva inicial, pot ser abandonada en funció de les experiències que perfilen la formulació de la teoria final. La concepció de la llum en termes corpusculars, per exemple, s'hagué d'abandonar davant d'experiències com les del patró d'interferències. Malgrat que es podrien considerar els models fenomenològics suficients per a explicar els comportaments experimentals –com els que van conduir a Newton a entendre-la com una flux de corpuscles– la seva consideració ontològica final ens aboca a deixar de fer-ho en aquests termes. No es tracta, doncs, ni d'una ona ni d'un corpuscle.

Què succeeix quan cap model s'imposa com a descripció ontològica? Aquesta és una qüestió rellevant per a casos tan fonamentals com actuals en disciplines com la mecànica quàntica. I així es demostra per la intensa activitat filosòfica que ha generat al seu torn.

La nostra impressió –sobretot a tenor de les pautes seguides en la pràctica científica en relació a aquesta disciplina– és que la pròpia formalització teòrica ocupa gradualment el lloc del model ontològic. Podríem considerar que –de la mateixa manera que els termes de la física analítica van anar guanyant substancialitat en la descripció de la mecànica clàssica fins a derivar en la constitució d'una ontologia pròpia per a la descripció cosmològica en termes, per exemple, de camps– altres propostes nascudes inicialment d'una formalització matemàtica –assimilable a una descripció fenomenològica– poden prendre efectivament una forma ontològica que no podem negligir.

L'esmentat cas dels camps pot ser un exemple idoni per mostrar aquesta idea. Sense entrar al detall en les raons històriques podem descriure els esforços d'unificació de les equacions que regulen el moviment sota efectes gravitatoris com a inicialment formals. Es tractava d'aconseguir –sota la forma de laplacians i hamiltonians– una sola descripció per a les interaccions que havien estat explicades

per les forces de la teoria de Newton. L'èxit descriptiu i metodològic d'aquest mètode li va garantir una expansió que va finalitzar en la substanciació del concepte de camp –que naixia com una *simple* funció de diverses variables per cada punt de l'espai– amb conseqüències ontològiques fonamentals per a desenvolupaments posteriors.

És aquest un cas similar al de la formalització estàndard de la mecànica quàntica? Poden ser els seus vectors d'estat –entitats descriptives de la teoria– entesos com a elements a significació ontològica?

Constatarem, però, que no hi ha una determinació “natural” del model ontològic, i que ens veiem forçats a buscar elements que ens permetin fer-ne una tria, com són els criteris de simplicitat o heurístics.

Acceptar l'aspiració d'intel·ligibilitat del món ens porta a estudiar el comportament i les aportacions a la pràctica científica dels models ontològics amb més detall.

No és habitual la formulació de les concepcions ontològiques associades a una proposta teòrica. Això s'explica no només per les dificultats que puguin aparèixer en la seva concreció –inconvenients que, a més, no tenen cap atractiu per a l'activitat normal del científic– sinó també pel distanciament gradual de la metafísica del que ha estat objecte la ciència. Malgrat que podem observar que hi ha una proposta subjacent de l'entitat dels termes de la teoria, no es considera necessari fer-ne una exposició explícita. I menys encara fer-ne una consideració d'aquests termes en forma de model. Donat que aquestes propostes no són ni òbvies ni naturals, ens podem trobar que, des d'una perspectiva filosòfica, les discussions sobre l'abast d'una teoria tingui més a veure amb els seus models ontològics que amb les seves conseqüències empíriques. Però, si les darreres són les mateixes, com podem establir les diferències en la proposta ontològica? De quina manera podem fer explícit el model conceptual amb què treballem? És possible –si la fortuna acompanya– que disposem d'alguna eina que ens permeti detectar-los i contrastar-los.

Experiments mentals.

Una d'aquestes eines són els experiments mentals. Veurem que alguns d'ells ens permeten visualitzar els models ontològics implícits i aquest fet ens pot ajudar a entendre perquè aquest tipus d'experiències tenen valor per a la recerca científica.

La vinculació dels models amb els experiments mentals ja ha estat observada amb anterioritat⁶⁶ però considerant que es tractava d'idealitzacions o d'instàncies teòriques que permetien discutir l'experiment. En certa manera aquests models serveixen per expressar de manera implícita la definició dels conceptes amb els quals treballa l'experiment mental.

Però abans caldria observar el paper dels experiments mentals en parlar de teories. Es tracten de mecanismes que permeten visualitzar aquests models més enllà dels vincles amb els fenòmens que els propicien. Podem dir que, en establir la relació de representació entre model i fenòmens que la teoria basteix, els experiments mentals ens permeten reconèixer quin és l'abast de l'assumpció feta amb la teoria.

I donat que el vincle amb els fenòmens no condueix necessàriament a un model ontològic associat sinó que ho fa a través de la teoria, aquest tipus d'eines ens permeten ser conscients de les connotacions d'acceptar una ontologia o altra i fins i tot conduir-nos en la nostra tria.

La definició d'experiment mental és esquívola malgrat que considerem que sabem reconèixer-los quan els veiem. Està clar que es tracta d'experiències que no s'han dut a terme, que només s'imaginem, i potser també hauríem d'entendre que –per definició– no són realitzables. Aquesta darrera condició, però, no sempre és satisfactòria donat que tenim algun exemple on l'experiència s'ha pogut realitzar finalment amb ajuda de les millores tecnològiques. Hauríem de saber, si de cas, si això ens mostra que mai va ser un experiment mental malgrat que, en general, no es considera essencial. De vegades aquesta situació era previsible i en alguna ocasió ha estat més aviat sorprenent. És per això que probablement és millor fer-ne un cert recompte i analitzar-lo amb més calma.

⁶⁶ SUPPES(1960) p.296

*Galilèu i la caiguda dels cossos*⁶⁷

Aquest és un dels experiments mentals més conegut i valorat per la seva elegància de manera que ens estalviarem d'explicar-lo. Malgrat que sovint s'ha presentat com una experiència que Galileu va realitzar el cert és que es va dedicar a proves d'altre tipus, amb plans inclinats. Al *Discorsi*, per tant, només ho planteja com a experiència mental i considera que és suficient per a mostrar que la idea aristotèlica de la caiguda dels cossos –on cadascun ho feia en funció del seu pes– és incorrecta i que l'única possibilitat era que tots ho fessin amb la mateixa acceleració.

El que planteja és sobradament conegut. Si llencem dos objectes de pes diferent enllaçats per una cadena la simple consideració del seu comportament des de perspectives aristotèliques condueix a dos possibilitats contradictòries. O bé cauen més de pressa que per separat en conjunt, o bé més lentament que el pes gran per si sol donat que l'objecte més lleuger el frena. La conclusió inevitable és que tots dos cossos han de caure a la mateixa velocitat tant si estan lligats com si no.

*Stevin i el pla inclinat*⁶⁸

Un altre exemple amb característiques diferents és el que planteja Simon Stevin (1548-1620) per resoldre un problema concret de mecànica. Imaginem que tenim una cadena sobre dos plans d'inclinació diferent que formen un angle, com si es tractés d'una teulada. Cap a quina banda cauria la cadena? Stevin contesta la qüestió sense càlculs en imaginar que la cadena està connectada per sota de manera que es tanca. Si aquest fos el cas i la cadena es mogué en un sentit o altre, donat que la part que pertoca a l'afegit mental no altera la situació inicial de pesos i inclinació, obtindríem un mena de sistema de moviment perpetu –cosa que ja sabem que és impossible– de manera que la solució inevitable és que la cadena estigui en repòs.

*Einstein perseguint la llum*⁶⁹

Einstein és una font important d'experiments mentals i alguns resulten de gran d'importància considerable per a la gestació de les seves idees. Sovint fa referència a

⁶⁷ V. COHEN(2010) p.66 o BROWN (2004) p.24

⁶⁸ V. BROWN(1993) p.3

⁶⁹ V. EINSTEIN(1995) p.53

especulacions que li permeten imaginar raons sòlides per establir els seus postulats com és el cas del principi de constància de la velocitat de la llum tot imaginant com es veuria la llum d'un emisor que es mou a una velocitat relativa propera a c o –en una versió també coneguda– com es percebria l'ona electromagnètica si ens moguéssim en paral·lel a la mateixa velocitat.

*Microscopi de raigs gamma de Heisenberg*⁷⁰

La física quàntica és una altra font considerable d'experiments mentals. Alguns són dels més coneguts en la divulgació científica i altres tenen una importància considerable en les reflexions filosòfiques sobre aquesta matèria.

Heisenberg ens proporciona un exemple per il·lustrar-nos sobre el principi d'incertesa. En recordar-nos que cada experiència altera –i per tant, elimina la possibilitat de conèixer amb exactitud– algun dels valors d'un sistema o partícula ens proposa que imaginem un aparell –un microscopi de raigs gamma– que ens permeti conèixer la posició d'una partícula. L'aparell emet un con de raigs amb una obertura angular i una longitud d'ona determinades. Donat que si volem “veure” la partícula que hi passa cal que un fotó en surti i vagi a parar a l'ull de l'observador i que aquest fotó altera, per l'efecte Compton, la quantitat de moviment de la partícula en una magnitud que no podem determinar perquè el con no permet determinar l'angle de projecció del fotó la conseqüència és que, en detectar la posició de la partícula, la quantitat de moviment es modifica de manera desconeguda –encara que acotada– i per tant no podem saber quin era el seu valor abans de detectar-la.

La conseqüències que Heisenberg extreu van més enllà del que podem imaginar en connectar-lo amb altres consideracions metodològiques i filosòfiques importants, com poden ser posicions antirealistes i verificacionistes. Així, si entenem que per parlar de la “posició d'un objecte” hem de descriure necessàriament l'experiment que permeti mesurar-la –i en cas contrari no tindria sentit, com postularia un verificacionista– arribaríem a la conclusió que no té sentit parlar de trajectòria d'un electró, per exemple.

⁷⁰ V. BROWN(1993) p.20

*El gat d'Schrödinger*⁷¹

El cas més conegut d'experiment mental en relació a la física quàntica és, sens dubte, el que ens proposa Schrödinger per a parlar-nos del concepte de superposició. No entrarem a parlar amb detall sobre aquest concepte fonamental en mecànica quàntica i que planteja un problema de comprensió considerable per a la interpretació més acceptada, la de Copenhagen, però si direm que es tracta de la qüestió de fons d'aquest experiment mental.

El que aquest experiment fa és traslladar una perspectiva controvertida de la mecànica quàntica sobre la superposició d'estats per a partícules a l'àmbit del món perceptible, el món dels objectes de mida observable directament fent servir un gat que comparteix dos estats –viu i mort– fins que la partícula que determina quin dels dos estats li pertoca no és “observada” d'alguna manera.

*L'experiment EPR*⁷²

Gairebé tan conegut com l'experiment del gat, i més fèrtil filosòficament parlant, aquest experiment mental proposat per Einstein, Podolski i Rosen⁷³ pretenia contraposar els criteris d'independència i localitat en les mesures amb el formalisme quàntic. Va ser considerat un experiment mental fins que John Bell⁷⁴ va poder transformar-lo en un proposta contrastable i finalment s'han pogut realitzar diverses experiències reals⁷⁵.

Sense entrar en detalls –però oferint el mínim necessari per a fer-nos una idea– es tracta d'enviar dues partícules entrelligades –fotons, per exemple– en sentits contraris cap a sengles detectors d'alguna característica que mantinguin aparellada –per exemple, l'spin– de manera que en ser detectat per un dels aparells l'altre *ha de tenir* la característica oposada. Donat que la informació té un límit de velocitat el que es proposava a l'article original és que el resultat de la mesura ja havia d'estar determinat *d'origen* encara que no es pogués determinar la manera –el que es coneix com a tesi de les variables ocultes– en contra del que proposa la interpretació de Copenhagen.

⁷¹ V. SCHRÖDINGER(1980)

⁷² V. BROWN(1993) p.25 o RAE(1998)

⁷³ EINSTEIN, PODOLSKY i ROSEN(1935)

⁷⁴ BELL(1964)

⁷⁵ Per exemple, ASPECT et al. (1981)

En principi es tractava d'una experiència que no tenia contrast possible en la mesura que no es postulaven resultats diferents per a les posicions en conflicte. Tant les variables ocultes com la interpretació estàndard proposen que les partícules mostren els seus estats en ser mesurades però la diferència es plantejava com a indetectable –i d'aquí el seu caràcter mental– en entendre que pel segon cas, els estats o característiques eren *creats* en mesurar-los.

La transformació que fa de l'experiència el teorema de Bell permet aconseguir dos resultats experimentalment diferents i per tant –en la mesura que fos tècnicament possible– deixava de ser una experiència mental. Així va succeir a partir de la dècada dels '80 obtenint resultats a favor de la perspectiva estàndard.

Aquest experiment resulta interessant per una diversitat d'aspectes. Pel cas que ens ocupa ara –l'anàlisi dels experiments mentals– suposarem que encara manté el seu caràcter empíricament indistingible. Més endavant –al capítol III– analitzarem les conseqüències de la seva transformació en un contrast en un altre camp.

Experiments mentals d'àmbit filosòfic.

A banda dels experiments relacionat amb àmbits científics –en especial la física, com hem vist– podem trobar nombrosos casos en filosofia. Només per a disposar-ne com a referències podem esmentar el de l'habitació de Searle sobre el concepte d'intel·ligència artificial, la reflexió sobre la moralitat de la prohibició de l'avortament de Judith Thomson⁷⁶ o el mite de Giges sobre l'origen de la moral a Plató⁷⁷.

Tipus i Usos

Com hem pogut entreveure, els experiments mentals presenten una considerable varietat en la seva tipologia. Podem parlar, per exemple, d'aquells que es plantegen com arguments deductius o els que presenten algun tipus d'inferència inductiva. Es tracta d'una classificació fonamentada en el mecanisme intern de l'experiment que no té en compte quin objectiu té.

⁷⁶ V. COHEN(2010) o BROWN(1993)

⁷⁷ *La República* 359d

Però és el criteri dels usos i finalitats dels experiments, el que ens permet fer-nos una imatge més acurada i entendre millor perquè funcionen⁷⁸. Malgrat els matisos que puguem trobar, podem establir una certa taxonomia en base a aquest criteri.

Experiments destructius

Aquest tipus d'experiments —que podríem anomenar també *crítics*— es formulen clarament contra una teoria. Treballant amb el mecanisme de la reducció a l'absurd miren de plantejar seriosos inconvenients a una teoria ja establerta ja sigui confrontant-la amb altres teories igual o millor establertes o mostrant alguna mena de contradicció interna. Així, Galileu ens planteja la caiguda dels objectes lligats de manera que ens veiem forçats a rebutjar la idea aristotèlica i acceptar que han de caure amb la mateixa velocitat.

Aquesta contradicció no ha de ser necessàriament una conclusió lògicament absurda sinó que pot “simplement” mostrar-nos una conseqüència contraintuïtiva, com fora el gat de Schrödinger.

Alguns, per altra banda, plantegen alternatives que suporten teories en conflicte de manera que ens conviden a triar. En la polèmica entre la visió geocèntrica contra la rotació de la terra, els defensors de la primera plantegen inconvenients en forma d'experiment mental. En deixar caure un objecte des d'una torre tenim dues possibilitats que serveixen per decidir quina de les possibilitats és la correcta. O bé cau a una distància del peu de la torre per efecte del moviment en rotació de la torre, o bé ho fa al peu de la mateixa perquè la terra és immòbil. Galileu contesta, al seu torn, amb un altre experiment mental com és el de la cabina que li permet, més endavant, establir elements que seran centrals en la nova cinemàtica com és el concepte de sistema de referència.

Tanqueu-vos amb un amic a l'estança més gran sota coberta d'un gran vaixell, i poseu-hi mosques, papallones i d'altres animals voladors. Preneu també un gran vas d'aigua amb peixos dins, i pengeu un recipient ple d'aigua que la deixi caure, gota a gota, dins un altre recipient de boca estreta col·locat a sota. Quan la nau estigui quieta, observeu atentament com els animals volen a la mateixa velocitat cap a tots els racons de la cambra, com els peixos naden indistintament en totes direccions, i com les gotes que cauen entren totes dins el recipient que hi ha a sota; si llanceu alguna cosa al vostre amic, no necessitareu més força

⁷⁸ V. BROWN(1993) cap.2

per llançar-la cap a una banda que cap a una altra, sempre que les distàncies siguin iguals; i si salteu com qui diu amb els peus junts, recorrereu distàncies iguals en totes les direccions.⁷⁹

Aquest cas ens permet, a més, veure que els experiments mentals no són infal·libles i que, per tant, no es poden considerar una experiència crucial. Més encara quan a un experiment d'aquest tipus hom pot contraposar un altre de característiques similars.

Com hem vist, els experiments destructius o crítics presenten també diverses possibilitat en funció dels objectius que assolixen. Així és clar que un experiment que mostra una contradicció rellevant en una teoria té una importància diferent d'aquell que ens mostra conseqüències que ens són estranyes.

Experiments constructius

Els experiments mentals també es fan servir per a mostrar-nos nous resultats o aspectes d'una teoria que hem de tenir en compte. Per aquesta raó els podem denominar també *heurístics* malgrat que veurem que presenten variacions que ens conviden a ser més acurats en la seva designació.

Així, trobem que si partim d'una teoria ben articulada i fonamentada un experiment mental ens pot portar, com hem vist, a conclusions inesperades i fins i tot conflictives. En aquest sentit podríem considerar-les una versió més acceptable d'un experiment destructiu però també ens pot aportar una major familiaritat amb els conceptes derivats de la teoria de manera que ens ajuden a acceptar i treballar amb les seves implicacions⁸⁰. Maxwell apel·lant a un dimoni que triés les molècules adequades per explicar la compatibilitat de l'explicació estadística de la cinemàtica dels gasos amb el caràcter necessari de la segona llei de la termodinàmica o mostrar com pot passar un objecte rígid per un forat més petit per efecte de la contracció de Lorentz són exemples d'aquest caràcter constructiu de l'experiment mental, que busca una millor acceptació de les propostes de la teoria i no pas una refutació de la mateixa⁸¹.

⁷⁹ GALILEI(1994) p.162

⁸⁰ Brown anomena aquests experiments *meditatius*. V. BROWN (1993) p.36 i s.

⁸¹ V. *Ibid* p.37 i s.

El caràcter constructiu dels experiments mentals no es limita al desenvolupament “pedagògic” de les teories. Tal com ja hem assenyalat en parlar de l’heurística podem acceptar que aquest termes es faci servir per a designar el procés de formació i consolidació del coneixement privat però està clar que sobretot es refereix als mecanismes amb els que edifiquem noves teories i proposem experiències i resultats futurs.

Així doncs, els experiments mentals d’aquesta mena també es plantegen com a instruments per a l’obtenció de noves experiències o bé de teories que expliquin fenòmens ja observats.

Al darrer cas, partint de fenòmens establerts i en absència d’una explicació prèvia que ens resulti satisfactòria ens trobem plantejant una nova teoria. Aquests serien, per exemple, l’experiment d’Stevin sobre els plans inclinats o la llei d’intercanvi de velocitats per a impactes perfectament elàstics que dedueix Huygens en imaginar dos objectes xocant a sobre d’un bot en moviment⁸².

Hem vist com la classificació s’ha il·lustrat amb exemples propis de la física, disciplina on són molt presents, però que passa amb els altres àmbits?

Per altres disciplines científiques el nombre d’experiments mentals no és massa gran. Trobem alguns exemples a biologia i sobretot en l’àmbit de la psicologia i neurociència que podem discutir fins i tot sinó són més propis de la filosofia.

Hem vist, per altra banda, exemples que són indiscutiblement filosòfics com els ètics o antropològics que deixem de banda per a la nostra discussió. Està clar que no es tracta de casos que aportin res a la relació entre teories i experiments mentals en la mesura que no tenen associada una proposta científica. Fins i tot ens podem plantejar si aquests experiments són legítims. En l’àmbit de la filosofia són elements útils per com a recurs? Hi ha certes consideracions que porten a negar-ho⁸³ però evitarem a entrar-hi.

Hi ha una diferència significativa entre els experiments mentals en física –i per extensió a altres ciències– i els que es plantegen en filosofia. Els primers tenen un rerefons teòric que ens permet dir que l’experiment centra les seves dificultats en el

⁸² V. *Ibid* p.42 o MACH (1974)

⁸³ V. WILKES(1988) Cap. 1

plantejament però que un cop aquest ha estat fet, la conclusió apareix de manera automàtica, guiada per la teoria que es vol desenvolupar o refutar. Això és possible perquè el rerefons està clarament fixat. Pel cas dels experiments filosòfics això no és tan clar. El món possible que descriuen no és precís i aquesta condició és fonamental per a la consideració adequada dels experiments mentals. La precisió dels experiments mentals en física es deu al fet que en el plantejament es deixa clar que la resta d'elements respecten les normes del nostre món –si més no les conegudes– però en el cas de l'anell de Gíges, per exemple, no sabem com és un món on els anells et tornen invisible.

Malgrat aquestes objeccions hem d'entendre que, per una banda, els experiments mentals en física també fan consideracions ambigües sobre l'entorn encara que siguin considerats exercicis útils. I per l'altra, alguns dels experiments mentals que la filosofia proposa tenen un rerefons força més definit, com és el cas de l'habitació de Searle o l'avortament de Thompson. Així doncs es tracta d'una distinció entre les assumpcions fetes en l'experiment que afecten els fenòmens que imaginem observar i aquelles que –malgrat ser igualment impossibles– no són rellevants. Així, un món on el pes molecular de l'or és diferent si pot afectar els fenòmens que observem i, en canvi, que Einstein sigui capaç de moure's a velocitats lumíniques no sembla que hagi d'afectar el comportament de les ones electromagnètiques. Totes dues situacions són lògicament imaginables però no tenen la mateixa relació ni amb el rerefons de l'experiència ni amb els resultats que suposem obtenir.

Els experiments com a argumentacions

La naturalesa dels experiments mentals, per altra banda, resulta encara una font de discussió⁸⁴. Malgrat que trobem consideracions al respecte que els plantegen –alguns d'ells– com a interpel·lacions platòniques o visualitzacions de simulacions experimentals destaca la perspectiva que entén que els experiments mentals són més aviat argumentacions informals.

És a dir, es tractaria d'una argumentació amb un seguit de supòsits que no s'han enunciat sinó que són implícits i un seguit d'inferències abreviades o obviades en la descripció de l'experiment. Aquesta perspectiva es veu reforçada –tot i que no ho

⁸⁴ V. BROWN(2004) contra NORTON(2004)

demostra— pel fet que hi ha una gran quantitat de casos que s’han pogut reconstruir com a argumentacions explícites amb una facilitat considerable⁸⁵.

Permet, a més, entendre perquè alguns dels experiments ens han de semblar fiables en les seves conclusions de manera que fins i tot ens pot proposar un criteri de demarcació entre ells.

Els més interessant, però, d’aquesta idea és la seva compatibilitat amb altres explicacions de la naturalesa dels experiments mentals que responen a usos també coneguts. Així, des d’una perspectiva històrica es planteja que aquesta mena d’experiments descriuen els problemes interns dels sistemes conceptuals d’una determinada època i comunitat científica de manera que en puguin provocar els conflictes necessaris per a una reforma en les teories. Aquest seria el cas, per exemple, dels experiments de Galileu.

La consideració dels experiments com a argumentacions també lliga bé amb la perspectiva que els entén com a models mentals. Quan, en la descripció d’una situació, elaborem una imatge mental que ens ajuda a respondre fàcilment situacions que s’hi plantegen estem construint un model que presenta similituds amb els nostres experiments. És més, un raonament també pot tenir parts de models mentals o ser-ne equivalent. Cal, però, que el model ens garanteixi la fiabilitat mínima que ens confereix el caràcter d’argument —el fet que si està ben fet i les premisses són correctes, el resultat serà fiable. Alguns experiments mentals fins i tot contenen algun d’aquests models de forma explícita. És més, un raonament també pot ser equivalent a un model mental.

Finalment, com a arguments també permeten explicar com fan algunes de les tasques que es constaten com ara ordenar i depurar la informació que ja tenim.

Tot això ens porta a vincular alguns dels experiments mentals amb l’existència dels models ontològics en un àmbit determinat. Aquests ens proposen, i ens mostren, el tipus d’estructura ontològica que una teoria comporta. És per això que podem defensar que es tracta d’un raonament i tot i així pensar-los com l’expressió d’alguna cosa que transcendeix l’experiència. En la mesura que el model s’incorpora a la nostra visió del món per ajustar-se a les dades, però no en deriva, podem pensar

⁸⁵ V. NORTON(1996)

que l'experiment mental és una mena de desenvolupament argumental de la concepció ontològica que hi adjuntem.

En conseqüència ens apareixen com una eina de visualització de les conseqüències de triar un model o altre. Fins i tot ens poden confrontar dos models rivals en el mateix experiment. Aquest és el cas, per exemple, de l'experiment de la caiguda dels cossos o el de la cabina de Galileu. La idea subjacent és empènyer-nos a triar entre dos models en base al que descriu l'experiència mental. En aquests casos el resultat és visible gràcies al fet que una de les propostes s'hagi vist superada per l'altra de manera incontestable.

El cas de l'EPR ens mostra com l'experiment mental, en confrontar dues opcions ontològiques a discutir, ens pot portar a considerar una de les opcions com a inacceptable no per les diferències entre els resultats imaginats sinó per la seva proposta ontològica. Efectivament, a priori, des del seu caràcter d'experiment mental, sense tenir cap mena de resultat que els diferenciï, ens hauríem de sentir més còmodes amb la proposta ontològica de les variables ocultes que amb l'estàndard malgrat que la darrera fos més satisfactòria per a altres criteris, com l'heurístic.

Si, tal com hem vist, el paper d'aquests models és portar-nos a estructures ontològiques el màxim possible de familiars que expliquin els fenòmens, l'experiment mental en qüestió ens mostra com de *poc familiar* resultava la proposta alternativa enfront de la més comprensible de les variables ocultes. De fet, el que en certa manera plantejava, i potser encara ho fa, és que la mecànica predominant només proposa un model fenomenològic, és a dir de descripció de fenòmens sense l'aposta ontològica corresponent. No obstant, el reconeixement d'instàncies que es consideren inaccessible per principi és una característica, en aquest cas epistemològica, que va relegar l'opció a un segon pla.

La conversió de l'experiment mental a un contrast entre teories ha eliminat el problema derivat de l'equivalència empírica –ja no n'hi ha– però la versió guanyadora planteja un model ontològic amb seriosos inconvenients. Això explica perquè aquest aspecte de la mecànica quàntica genera encara tanta controvèrsia. Per una banda trobem l'irrenunciable exigència d'un model ontològic satisfactori i per l'altra una formalització que funciona però no explica.

Altres experiments mentals de caràcter més filosòfic ens remetent encara amb més claredat a debats ontològics. En relació a la suficiència de les dades empíriques per a establir teories trobem que es poden fer construccions –experiments mentals– on es postula un món exterior que simula “informàticament” les lleis i els fenòmens del nostre de manera similar a les especulacions del cinema i la literatura de ficció, les especulacions cartesianes del geni maligne o el cervell a la cubeta de Putnam⁸⁶. Aquestes idees ens permeten copsar ontologies marcadament diferents que es materialitzen en les mateixes observacions empíriques.

Com ja hem vist, si una teoria no aporta de manera més o menys explícita un model ontològic acceptable les entitats formals de la mateixa acaben prenent aquest paper. I així ho podem constatar quan assistim a formulacions ontològiques que declaren que la matèria és, en darrer terme, informació.

Els experiments mentals, en aquests casos, ens poden permetre visualitzar les conseqüències d'aquesta tria i ser-ne conscients dels conflictes que en poden derivar.

En fer un cop d'ull a propostes concretes trobem altres exemples també coneguts que ens permetran entendre millor a què ens referim.

3. UN CAS D'ESTUDI, L'ESTATUT ONTOLÒGIC DE LA GEOMETRIA FÍSICA.

Si aquest és l'estat de la qüestió en relació al paper dels models en el desenvolupament de la ciència i la nostra imatge del món, cal deixar clara la necessitat de bastir un model ontològicament satisfactori en relació a les perspectives actuals de la ciència

La nostra proposta, doncs, passa per fer explícita una condició de model que ha estat negligida sovint. Tant si associem una formulació teòrica a un model ontològic suplementari com si –tal com comprovarem a continuació– edifiquem aquest model sobre la formalització– les consideracions ontològiques derivades són rellevants per a la comprensió del món i de l'activitat científica.

Fem doncs, per començar, un cop d'ull a un cas d'estudi que ens permet mostrar a què ens referim quan parlem de model ontològic. Aquest ja ha estat desenvolupat

⁸⁶ Una proposta en termes similars la trobem a KUKLA(1996) p.156-157 en parlar de *Theories of everything* de J.D.Barrow.

i revisat amb més profunditat en treballs prèvis⁸⁷ i ens mostra el camí cap a les afirmacions que farem en les properes seccions.

Les consideracions ontològiques respecte la *geometria física* –el que descrivim com la veritable geometria del món– derivades de les teories cosmològiques contemporànies permeten il·lustrar bona part dels aspectes que hem treballat aquí i copsar amb més detall a què ens referim quan parlem de models ontològics. Veurem com podem vincular diferents propostes ontològiques a les formalitzacions cosmològiques relativistes. El resultat seran diverses versions, malgrat que empíricament pugui resultar el mateix, de consideració del món que al nostre entendre constitueixen teories diferents.

3.1. L'estructura causal

En la discussió sobre el model ontològic que podem postular per a la relativitat hi té un paper rellevant la possibilitat de l'ordenació causal dels esdeveniments. Aquest és un tòpic molt tractat en els anàlisis filosòfics d'aquesta teoria i també té una traducció en l'estructura ontològica associada⁸⁸.

Els esdeveniments tenen una càrrega empírica innegable i la seva ordenació ens permetria per una banda, una segmentació “natural” de l'espai-temps en hiperplans de simultaneïtat que ens mostraria una estructura geomètrica preferent i, per l'altra, si l'abast és global pot arribar a tenir una repercussió topològica determinant per a una tria geomètrica concreta. Això ens porta a fer un breu repàs del que podem deduir de la possibilitat d'establir una ordenació natural del temps en funció de la successió dels esdeveniments. Això és el que es coneix com a la teoria causal de l'espai-temps. Fem-ne una enumeració.

Causalitat i simultaneïtat

Parlem de relació causal però no el sentit objecte de crítica de l'empirisme de Hume. No es tracta de la connexió “oculta” dels esdeveniments sinó de la constatació d'una contigüïtat en l'espai i el temps independentment del vincle que *pugui existir* entre els esdeveniments connectables. És a dir, es tracta més de

⁸⁷ V. ROMERO (2000), (2011) i (2012)

⁸⁸ V. VAN FRASSEEN (1985) cap. VI.

connectibilitat causal que no pas de connexió causal *de facto* i aquesta hauria de ser, probablement, l'expressió més ajustada. Van Fraassen en detalla el sentit:

«Es diu que “connectibilitat causal” és un terme *modal* perquè expressa una possibilitat (de connexió causal). “Connectat causalment” és el corresponent terme no modal. La raó per a fer servir el terme modal és simple: les dificultats, pel que sembla insuperables, d'afrontar el problema satisfactòriament en termes no modals. El punt essencial es redueix a que és purament contingent que hi hagi alguna connexió de senyal o de genidentitat en una part de l'univers.»⁸⁹

Per altra banda tampoc ens interessa relacionar, ara, la causalitat amb la idea que el temps té una asimetria fonamental producte del concepte d'entropia, la coneguda *fletxa temporal*. Aquesta pot tenir també un paper com a determinació alternativa a la relació causal de la topologia espaciotemporal però no podem afirmar que hi estan relacionades. En tot cas, la direccionalitat asimètrica del temps és d'un dels tòpics més treballats en el camp de la filosofia de l'espai-temps i va més enllà del camp de la relativitat⁹⁰.

Els elements clàssics de discussió ontològica en relació a l'espai-temps inclouen, per norma, una discussió sobre el concepte de simultaneïtat que, de fet, ha centrat l'interès dels pensadors en aquesta àrea. El nombre d'articles al respecte és considerable i tot i que per regla general es plantegen des d'una perspectiva de la relativitat restringida cal dir que n'és també un aspecte de la teoria general.

Tampoc entrarem a discutir les possibles derivacions de la discussió en aquests verals però donat que estem fent una breu exposició dels problemes relacionats que es tracten en els textos que podríem anomena *canònics* pot ser interessant fer-ne un cop d'ull ni que sigui en els aspectes relacionats amb la geometria.

El programa relacionista proposava la idea de connexió causal com una eina per a definir la simultaneïtat sense recórrer al temps absolut. Aquesta connexió s'ha d'entendre com la concatenació de successos causals que portin d'un a altre esdeveniment. Així, dos esdeveniments es podien definir com a simultanis si no eren causalment connectables mútuament i això oferia, si més no, una ordenació parcial de l'espai-temps a partir de l'estructura derivada per les relacions causals. Aquesta

⁸⁹ VAN FRAASSEN (1985) p.195.

⁹⁰ V. també EARMAN(1989), GRÜNBAUM(1973), RAY(1991), REICHENBACH(1957), SKLAR(1985) o SKLAR(1994).

idea, la d'ordenar els fenòmens en funció de les relacions de causa-efecte, permet per una banda afirmar que les relacions espaciotemporals són reals en funció del seu origen causal i per l'altra mostrar com aquesta és una relació que podríem considerar ontològicament derivada d'altres entitats més bàsiques.

En aparèixer la teoria especial de la relativitat el concepte de simultaneïtat va ser dels primers a ser estudiat donat el paper elemental que podia tenir en la concepció relacionista de l'espai-temps i el paper rellevant que va tenir la possibilitat de definir el conjunt d'esdeveniments simultanis a partir d'efectes mecànics en l'article d'Einstein de 1905. El model geomètric de Minkowski, a més, va permetre aclarir la dependència del conjunt de successos simultanis de la referència triada.

Donat que la relativitat estableix que la velocitat màxima de qualsevol efecte és la de la llum en el buit el que implica és que hi haurà una gran quantitat d'esdeveniments que no podran ser causalment connectables i per tant la definició de simultaneïtat derivada seria impracticable. De fet, a partir de la relativitat especial podríem arribar a la conclusió que els conjunt d'esdeveniments simultanis a un donat és un simple convenció. S'obre, per tant, la porta a un posicionament ontològic diferent –en aquest cas la consideració de convenció– també per al concepte de simultani.

Existeixen, però, intents de restitució del concepte de seqüència causal com a element de construcció de la idea de simultaneïtat –això sí, restringida a la relativitat especial com és el cas de la teoria proposada per A. Robb⁹¹.

Topologia espaciotemporal

La qüestió sobre el caràcter fonamental de l'espai-temps es pot tractar, també, des d'una perspectiva topològica, una estructura més feble que no pas la mètrica però també ens mostra una accessibilitat empírica més gran. Així, podríem –per exemple– definir la topologia de la varietat espaciotemporal a partir d'una estructura causal com la que esmentàvem?

En principi sembla que la resposta serà afirmativa però, això sí, descartant el que hom anomena varietats *causalment patològiques*. Podem imaginar, per exemple, un varietat espaciotemporal tancada en el temps (tot i que infinita) que faria que les

⁹¹ V. SKLAR (1985) p.76-147.

línies de temps de les partícules fossin cicles i que, per tant, partint d'un determinat punt de l'espai-temps es pogués arribar, novament a aquest punt en "donar la volta" a la varietat⁹². Aquest tipus d'estructures espaciotemporal són compatibles amb les equacions de la teoria encara que no es considerin models reals de manera que obren la porta a possibles solucions "degenerades " que siguin, aquest cop si, més realistes.

En tot cas, si postulem un espai-temps que sigui *estàndard* (és a dir no patològic) i ampliem la idea de connexió a la de *trajectòria causal* (és a dir la possibilitat d'un recorregut, per exemple, d'una partícula en l'espai-temps tot connectant dos punts donats) podem arribar a afirmar que dues varietats espaciotemporals que tenen la mateixa estructura causal tenen també la mateixa topologia. És a dir, si fem un seguit d'assumpcions de tipus metafísic aleshores podem afirmar que la topologia corresponent derivaria de les observacions i per tant seria concebible un experiment –potser només en el pla teòric– que ens informés de quina és la que correspon als fenòmens.

Això ens permet dir que si els esdeveniments a l'espai-temps poden determinar les esmentades trajectòries causals aleshores, amb el supòsit que la topologia sigui estàndard, podem conèixer la seva estructura i per tant podem aspirar a la determinació a partir dels fenòmens. Diríem així, que les característiques topològiques de l'espai-temps es poden determinar a partir de les dades empíriques que determinen unívocament un model ontològic propi.

Així doncs, constatem dues coses al respectes, per una banda que determinades posicions ens parlen d'una estructura dels esdeveniments que pot arribar a ser coneguda en alguns aspectes –la seva topologia- i que si, posteriorment, arribem a concloure que aquesta és la única propietat determinada, les altres propietats de l'espai d'esdeveniments seràn més aviat concrecions en forma de model teòric, és a dir parametritzacions d'aspectes més o menys convencionals d'aquesta varietat topològica, com per exemple la mètrica.

⁹² V. SKLAR (1994) p.132-133 i RAY (1991) p.79-83.

3.2. L'espai-temps

L'àmbit de discussió habitual en relació a l'espai-temps ha estat la consideració d'aquest com una substància o com una expressió de les relacions entre les entitats materials que trobem al món. Es tracta d'una polèmica clàssica que té arrels fins i tot en el pensament aristotèlic⁹³ però que usualment es remunta al debat entre els seguidors de Newton i Leibniz⁹⁴ i que es reedita al llarg del segle XX amb motiu de l'aparició de la formulació relativista.

Aquests dos models contraposats, que coneixem amb el nom de *substancialista* i *relacionista*, no tenen una traducció empírica excessivament diferent malgrat que un debat tan perllongat ens ha pogut proporcionar alguns elements que poden ser considerats discriminatoris. Certament en l'àmbit filosòfic les diferències entre una i altra postura són conegudes i fins i tot es consideren significatives. Malgrat això, podem trobar sovint peticions de principi que confirmaran la nostra tesi que es tracta de propostes ontològiques diferents. Una altra cosa seria que diferissin en el fonament empíric i que poguéssim triar –a través d'un experiment crucial, per exemple– quina de les dues posicions és la que en surt confirmada, tal com desenvoluparem més endavant.

Podem acceptar sense massa concessions que són posicions empíricament equivalents i que, per tant, difereixen en el model ontològic associat. Així, en aquesta discussió, quins trobem?

En general, els substancialistes postulen un espai-temps *absolut, independent i infinit* –és a dir com una entitat prèvia i fonamental sobre la que es defineixen d'altres conceptes teòrics– mentre que els relacionistes estableixen que espai i temps (o la seva forma conjunta) són una característica, una propietat, de la matèria.

La forma que va prendre aquesta discussió va canviar en aparèixer la teoria relativista sobretot de la mà de la crítica als arguments de Newton que va fer Ernst Mach, de qui Einstein reconeix la influència.

Mach elabora una crítica als arguments que ofereix Newton per a considerar que l'espai i el temps són absoluts recordant que es tracta d'entitats que no podem abastar amb fets.

⁹³ V. *Física* IV, 218a 30 212a 20, 214b 11 i 219b 1

⁹⁴ V. RADA (1980)

«Amb prou feines cal assenyalar que en les reflexions que aquí es presenten Newton ha tornat a actuar en contra de la seva voluntat manifesta d'investigar només *fets reals*. Ningú és competent per enunciar coses sobre l'espai absolut i el moviment absolut; són objectes purs del pensament, constructes mentals purs, i no poden ser aportats per l'experiència. Tots els nostres principis de la mecànica són, com hem mostrat detalladament, coneixement experimental sobre les posicions relatives i el moviment dels cossos... Res no està garantit en estendre aquests principis més enllà dels límits de l'experiència. De fet, aquesta extensió no té sentit, donat que ningú posseeix els coneixements necessaris per fer-ne ús.»⁹⁵

És a dir, per tal d'explicar per què no podem recórrer a la posició relativa dels objectes per a constatar el tipus de moviment ens impel·leix a imaginar *un espai buit*. A banda del fet que això ja sembla que ens obliga a acceptar allò que volem provar (però que potser es podria defugir amb una tria diferent de termes) el que no podem és afirmar què passaria en un experiment mental d'aquest tipus.

Donat que el món físic només es pot fonamentar en l'observació i l'experimentació no podem rastrejar l'origen de les forces d'inèrcia, per exemple, fins a un altra cosa que no siguin els objectes materials. Si de cas, en una escala global el nostre sistema de referència podria ser "l'univers en conjunt" i fonamentar la nostra teoria dinàmica en termes materials i no en una entitat, l'espai absolut, probablement supèrflua.

Si bé Mach queda curt en els seus esforços per desenvolupar aquestes idees i descriure com aquest marc cosmològic provoca aquests efectes la crítica que fa dels arguments newtonians va ser suficient no només per a revifar la perspectiva relacionista sinó que inspirà fortament la recerca d'Einstein en la teoria de la relativitat.

Amb l'aparició de la teoria relativista semblava que la discussió passava a una nova fase. Per començar ja no es parla d'espai i temps per separat sinó que es passa a parlar d'espai-temps. Una proposta que geomètricament és més complexa i que modifica també les observacions empíriques en funció del nou context teòric en base a una caracterització tetradimensional.

Les afirmacions del mateix Einstein respecte aquest punt permetien pensar que, efectivament, era possible explicar els fenòmens físics sense recórrer a l'existència

⁹⁵ MACH (1974) p.280. La traducció és de EINSTEIN et al. (1973) p.25-34.

absoluta d'espai i temps, ara junts en un sol concepte. En un article⁹⁶ es refereix al “Principi de Mach” com a una generalització dels requeriments sobre la inèrcia referida a altres cossos de manera que podríem formular aquest principi com el postulat que *l'estructura afí de l'espai-temps és determinada únicament per la distribució de matèria-energia a l'univers.*

I així fou que, en desenvolupar-se la teoria especial s'assegurava, normalment, que s'havia assolit les condicions per a definir un espai-temps relacionista en entendre els sistemes de referència com a expressions tècniques de les relacions que Leibniz proposava com a constitutives del concepte de posició espaciotemporal d'un esdeveniment respecte un sistema de referència.

Però aquestes afirmacions eren certament massa optimistes. La teoria especial postula un espai-temps com a estructura per sobre –o per sota– dels fenòmens i donat que la mesura de l'interval espaciotemporal és encara un invariant – és a dir, independent del sistema de referència– podem pensar encara que no és una mesura dels fenòmens sinó que es tracta d'alguna cosa *prèvia*. L'espai de Minkowski ve a ser una representació d'aquesta estructura subjacent.

Encara més, la teoria especial manté la distinció –fonamental per l'argument newtonià– entre sistemes inercials i no inercials donat que és entre els primers, precisament, on queda definit l'àmbit d'aplicació de la teoria. Allà on els efectes de la relativitat especial són aparents tenim que el moviment és inercial i per tant podem dir que no hi ha acceleració *absoluta* de cap tipus. Acceleració respecte a què? Respecte l'espai-temps, és clar. Un espai-temps que és substància i que passa a ser una peça clau del corresponent model ontològic.

El relacionista té, però, raons per a defensar la seva posició al respecte. Pot argumentar que el substancialisme encara ha de postular l'existència d'entitats que escapen a l'experiència, com les trajectòries geodèsiques en el moviment lliure, i pot substituir l'espai-temps substancial pel conjunt de la distribució de matèria-energia a l'univers.

Amb l'aparició de la teoria general relativista aquesta discussió sobre l'estatut ontològic de l'espai-temps semblava que s'havia de clarificar però més aviat es complica. Per una banda, la seva formulació preveu la possibilitat d'espais on no hi

⁹⁶ EINSTEIN(1918)

hagi matèria i tot i així les trajectòries tinguin curvatura (és a dir una mètrica no euclidiana), això vol dir que no podríem imaginar un espai-temps buit sense efectes inercials, tal com el relacionisme semblaria exigir. També és possible un món consistent amb les equacions relativistes on tota la matèria estaria en rotació, tot i que no en bloc⁹⁷.

Veiem doncs, que es confronten diversos models ontològics compatibles amb el formalisme i que no podem considerar la teoria completa fins que no fem explícit algun d'ells i això és una dificultat afegida a la visió relacionista en tant que, per ells, en la mesura que la distribució de matèria-energia determina unívocament les característiques d'aquest espai-temps hi hauria d'haver unicitat a partir de les dades empíriques a través de les equacions que les determinen. Aquesta

No obstant, en la mesura que es considera que l'estatut ontològic dels conceptes fonamentals de la teoria no estan clars és possible que s'entengui la formulació teòrica de la relativitat com un model fenomenològic establert gràcies a les equacions que la regulen.

Per altra banda, encara hi ha problemes per a enllaçar l'espai-temps satisfactòriament amb aquest càlcul relativista. Els substancialistes, per exemple, tenen dificultats per a satisfer objeccions significatives al seu model com pot ser l'experiment mental conegut com l'*argument del forat*⁹⁸ que esmentarem al final d'aquesta secció.

Aquest discussió mostra bé com diverses ontologies es mostren compatibles amb les equacions i principis del que considerem la teoria. És per aquesta raó que, des de la nostra perspectiva conve distingir-ne dues, de teories, –la relativitat relacionista i l'absoluta– en tant que adscrites a models ontològics diferents. Totes dues mostren implicacions filosòfiques diferents malgrat que no puguin tenir conseqüències empíriques que les discriminin.

El relacionisme té l'avantatge que nega l'existència d'entitats que –en cas de no acceptar la possibilitat de conèixer l'estructura de l'espai-temps– ens resulten inabastables. Si no existeixen està clar que no les podem conèixer, si no les podem

⁹⁷ Kurt Gödel va provar-ho a una conferència al 1950 titulada *Universos rotatoris de la teoria general de la relativitat*. v. GÖDEL (1981) p.387-400.

⁹⁸ v. EARMAN (1989) p.175-180.

conèixer no hi ha la necessitat que existeixin. De manera que podríem dir que és la proposta ontològicament minimal donat que el seu model es construeix únicament sobre la distribució d'energia-matèria. Això ha permès als detractors atribuir-los pretensions que designem per *convencionalistes*.

Així doncs, el convencionalisme [de Grünbaum] és en realitat una espècie d'allò que hem anomenat relacionisme ideològic. Sosté que hi ha un conjunt curvilini privilegiat de propietats i relacions espaciotemporals bàsiques – a grans trets, relacions topològiques i ordinals– i que totes les altres propietats i relacions espaciotemporals “reals” han de ser definides a partir d'aquestes relacions privilegiades, o reductibles a elles.⁹⁹

Els relacionistes, per tant, sostenen que els conceptes estructurals que no són empíricament detectables, com ara la substancialitat de la mètrica espaciotemporal, són prescindibles i, en conseqüència, és factible la construcció d'una teoria que els defugi. Aquest darrer fet, però, és un dels punts forts de l'opció substancialista en considerar que el relacionisme ha estat, fins el moment, incapaç de formular una teoria d'aquest tipus.

No crec que cap dels programes relacionistes, ja sigui de tipus reductor o eliminador, hagi estat dut a terme satisfactòriament, fins i tot tenint en compte un aparell platònic en tota regla. El problema pel relacionisme és *especialment* greu en el context de les teories que consideren la noció de *camp* seriosament, per exemple la teoria electromagnètica clàssica. Des del punt de vista platònic, un camp és generalment descrit com una assignació d'alguna propietat, nombre, vector o tensor, a cada punt de l'espai-temps; òbviament això suposa que hi ha punts de l'espai-temps, així que un relacionista haurà de, o bé evitar postular camps (un camí que considero difícil d'acceptar en la física moderna), o bé arribar a alguna forma molt diferent de descriure'ls. L'única manera alternativa de descriure els camps que conec és la que faig servir més endavant a la monografia ... sense les propietats, nombres, vectors o tensors, però no sense els punts de l'espai-temps¹⁰⁰

El que Field anomena *reductor* és el tipus de programa que entén els punts de l'espai-temps com construccions de la teoria de conjunts al marge dels objectes físics i per *reductor* el que considera totalment il·legítim fer servir punts espaciotemporals de cap tipus¹⁰¹.

⁹⁹ FRIEDMAN (1991) p. 364.

¹⁰⁰ FIELD (1980) p.35 també citat a EARMAN (1989), p. 154.

¹⁰¹ v. EARMAN (1989). p. 154n.

A la discussió apareix una altra entitat derivada del model ontològic substancialista, *el camp*, i com els elements teòrics es van ordenant jeràrquicament en funció del que el model postula com a fonamental. Val a dir que la idea que defensa que el camp no es pot definir sense els punts de l'espai-temps s'hauria de justificar. Si més no, els punts als que fa referència i que formen part del domini d'una funció que el denotaria no han d'estar necessàriament referits a l'espai-temps substancial sinó que es poden justificar acceptablement a partir de la distribució de la matèria. Al text veiem com, en certa manera, es confon la descripció d'aquest camp –feta amb vectors, tensors o l'alternativa esmentada pel propi Field– amb la seva condició d'existència.

Si el caràcter ontològic de l'espai-temps ocupa bona part de la discussió sobre el model associat a la relativitat sembla raonable, atenent a criteris diversos, acabar fent una proposta que podríem considerar la minimal. Això és, restringir les entitats del model ontològic a aquelles que apareguin explícitament en el càlcul i el formalisme, sovint fins i tot contradient les intuïcions ontològiques prèvies, tal com esmentàvem a la secció 2.3.

Aquest podria ser el cas de la proposta *geometrodinàmica* que detallarem a continuació i que ve a certificar ontològicament el caràcter unitari que matèria i energia presenten en les equacions de la relativitat general.

La *geometrodinàmica* apareix en primera instància com una reformulació de la relativitat general formalitzada per Arnowitt, Deser i Misner en el que es coneix com la formalització ADM¹⁰² i que permet expressar la teoria en termes de hamiltonians. La versió que ens interessa, però, fou desenvolupada per John Wheeler i els seus col·laboradors a mitjans de segle XX seguint una idea de W.K. Clifford que a finals del s.XIX proposava una teoria ontològicament monista.

No hi ha res al món excepte espai buit i corbat. Matèria, càrrega, electromagnetisme i altres camps són només manifestacions d'aquesta curvatura de l'espai. *La física és geometria. ...*
1) la curvatura suau de l'espai descriu el camp gravitacional; 2) Una geometria ondulada amb un tipus diferent de curvatura a un altre lloc descriu un camp electromagnètic; 3) una regió entortolligada d'alta curvatura descriu una concentració de càrrega i massa-energia que es mou com una partícula?...¹⁰³

¹⁰² ARNOWITT, DESER i MISNER (1959)

¹⁰³ WHEELER (1962) p. 361

El que proposa, per tant, és un punt de vista certament diferent al del realisme tradicional en la mesura que no considera que espai-temps i matèria siguin coses diferents. En conseqüència, en interrogar-nos sobre quins són els elements reals de la geometria el que postula la geometrodinàmica és que ho són tots i, de fet, els únics.

La geometria és, doncs, l'únic constitutiu ontològic de la realitat i els altres elements que considerem reals, àtoms, ones, etc. només són manifestacions d'aquest aspecte. Es tractaria, doncs, de la culminació d'un programa pitagòric amb un abast insospitat que buscava desenvolupar els esforços en la recerca d'una teoria unificada i que va ser abandonada en constatar que els avenços eren insuficients¹⁰⁴. Malgrat tot, encara és possible trobar estudis i propostes en aquesta línia¹⁰⁵.

Aquest model també replanteja la relació entre espai i temps dins la varietat conjunta donat que el darrer té alguna característica que semblava que s'havia de tractar per separat l'esmentada fletxa del temps. La matèria, en ser manifestació d'una propietat de l'espai-temps, s'entén que també ho és *en el temps* i d'aquí prové el terme *dinàmic* de la teoria.

Aquesta proposta ontològica, però, es pot vincular a la relacionista, tal com fa el propi Wheeler, o si més no oposada a la visió substancialista que considera que espai-temps i matèria són dos termes diferents del seu propi model. En tot cas, la discussió ens mostra la complicació de conciliar aquestes dues substàncies dins un model i perquè resulta temptador identificar-les. Veurem que, de fet, aquesta és una de les receptes per a resoldre el dilema de l'equivalència empírica.

3.3. Les entitats geomètriques

Si bé el terreny ontològic de discussió en relació a l'espai-temps més freqüent ha estat el de la substancialitat, en parlar de models també ens podem referir a altres qüestions sobre les quals és possible tenir diferents posicions que cal explicitar. Ens podem interrogar, per exemple, pel tipus d'existència que tenen els termes fonamentals de descripció de la geometria física.

¹⁰⁴ GRÜNBAUM (1973) p.728-729 constata aquest canvi de parer i assenyala que Wheeler optà, aleshores, per un relacionisme de tipus leibnizià.

¹⁰⁵ V. ANDERSON (2004)

La visió epistemològica de la relació entre geometria i món físic ens permet expressar-nos amb un alt grau d'escepticisme a l'hora d'afirmar què podem conèixer de la geometria de l'espai-temps i què no.

Una interpretació realista de la geometria permetria, encara, parlar de models entesos, sobretot, com una selecció restrictiva de la realitat. Està clar, per un realista, que quan parlem de geometria del món estem deixant de banda bona part dels aspectes de la realitat que no hi tenen relació de manera que podríem estar parlant d'una idealització. En un cas així el model geomètric es pot expressar com una *interpretació* de la realitat que permet visualitzar les relacions que es puguin donar entre els fenòmens encara que no sigui suficient per a copsar-ne les connexions intrínseques o casuals. Per tant, des d'una perspectiva d'aquest tipus, ens trobaríem que la formulació geomètrica ens proporciona models teòrics del formalisme.

Però en el cas de la relativitat el que trobem és que la modelització es dóna *a la inversa* de manera similar a com trobem en altres àmbits, com la resolució de problemes. La geometria no euclidiana esdevé el model del comportament de determinades entitats físiques i per tant podríem entendre que la teoria matemàtica *modelitza* la realitat, la representa.

De quin tipus de model estem parlant, doncs? Descartat, per la inversió de la correspondència, que es tracti d'un tipus teòric sembla que ens hem de moure entre la possibilitat que es tracti d'una proposta fenomenològica o ontològica.

Per a un realista, aquesta idea permet encara plantejar-ho com una representació en termes d'objectes existents però per a una perspectiva convencionalista aquest ús del model té implicacions d'un altre tipus. Representem, per exemple, els feixos electromagnètics amb rectes malgrat que això no vulgui dir, necessàriament, que les primeres siguin realment la contrapartida de les segones.

En relació a això val la pena desenvolupar amb més detall la tesi convencionalista i veure com permet diverses lectures, algunes de les quals transcendeixen l'àmbit cognitiu per arribar a fer afirmacions de tipus ontològic. Què volem dir quan parlem de convencionalisme en relació a les entitats geomètriques?

Poincaré i l'esfera

És costum, en parlar de convencionalisme geomètric, parlar de l'article de Henri Poincaré a *Ciència i Hipòtesi*¹⁰⁶ on ens mostra com és de difícil establir a partir de les dades empíriques la configuració geomètrica del món, el que coneixem per *geometria física* tot i que hi ha qui considera que es tracta d'un model imaginari¹⁰⁷. El capítol IV (el segon de l'article), *L'espai i la geometria*, finalitza amb un exemple, una mena d'experiment mental, que ha esdevingut una referència obligada.

Imaginem, ens diu, un món on uns éssers viuen dins una esfera. Des d'un punt de vista extern, és possible descriure aquest disc amb les eines que ens dona la geometria euclidiana. Els éssers que l'habiten volen establir quin tipus d'estructura geomètrica té el seu món i per fer-ho disposen de les eines usuals, és a dir regles (i goniòmetres), que els permetran conèixer si els seu món obeeix les lleis de la geometria euclidiana o si, pel contrari, no ho fa (i per tant es tractaria d'un cas de geometria hiperbòlica o el líptica).

Malauradament, els nostres personatges no són conscients d'un estrany fenomen. Els científics de l'esfera no saben, ni tenen manera de fer-ho, que l'esfera té una temperatura variable que descendeix de manera uniforme des del centre fins els límits exteriors i que aquesta temperatura dilata tots els objectes i instruments de mesura per igual, inclosa la llum. Així els objectes seran més grans com més a prop del centre ens trobem i s'aniran apropant a 0 en aproximar-nos al límit.

Tal com ens demostra a l'article, en funció de les mesures realitzades, els científics de l'esfera han d'arribar a la conclusió que la geometria del seu món respon als postulats no euclidians. Des de la nostra, exterior, tenim raons mecàniques per pensar que a sobre d'una geometria euclidiana es donen efectes sobre els mecanismes de mesura que expliquen els efectes observats.

Això permet explicar des d'una perspectiva externa, omniscient, com es poden donar dues explicacions al mateix grup de fenòmens –en aquest cas distàncies i altres components que descriuen la geometria de l'entorn. Poincaré ens proposa per una banda una visió no-euclidiana de l'espai de l'esfera –el que defensarien els habitants de la mateixa– i per l'altra una consideració euclidiana combinada amb

¹⁰⁶ POINCARÉ (1968)

¹⁰⁷ ACHINSTEIN(1971) p.218

efectes mecànics sobre els elements de mesura –el que podríem mantenir nosaltres, observadors externs, del que succeeix a l'esfera.

És per això que Poincaré declara que:

Es vol que la experiència jugui un paper indispensable en la gènesi de la geometria; però seria un error concloure que la geometria és una ciència experimental, fins i tot en part.

Si fos experimental, no seria més que una d'aproximativa i provisional. I quina aproximació més grollera!

[...]

L'experiència ens guia en aquesta tria que no ens imposa; ens fa reconèixer no quina geometria és la veritable, sinó quina és la més convenient.¹⁰⁸

La idea que triem la teoria més convenient es remunta a l'esmentada discussió que té lloc amb l'aparició de les geometries no euclidianes com a matemàticament consolidades i el debat posterior sobre com saber quin és el comportament mètric de l'espai¹⁰⁹. Poincaré aprofita l'exemple de l'esfera per a mostrar-nos les raons que l'empenyen a assegurar que la geometria física no es pot deduir empíricament i que per tant triem la versió més ens convingui, que ell considera que és l'euclidiana. A partir d'aquí la proposta *convencionalista* pren força en l'àmbit geomètric i la podem veure lligada a discussions a l'entorn de la teoria relativista¹¹⁰.

Cal assenyalar que –si bé la paràbola de Poincaré fa referència només a la geometria de l'espai– a partir de la teoria especial de la relativitat ja hem de parlar d'espai-temps (i encara més amb la teoria general) de manera que les conclusions convencionalistes són aplicables de la mateixa manera a una discussió sobre la naturalesa euclidiana o no d'un món de quatre dimensions. De fet, les pròpies condicions de la teoria general de la relativitat ens remetent als atribolats habitants de l'esfera. Som, igual que ells, incapaços de transcendir empíricament el nostre món tridimensional i només podem esbrinar les seves característiques a través de la inferència sobre les mesures.

La tria de l'exemple no és casual. Darrera d'una proposta com el convencionalisme hi ha la noció que fins i tot en el cas que disposéssim de tot el conjunt d'observacions possibles, hi ha dues (o més) teories que les organitzen i

¹⁰⁸ POINCARÉ (1968) p. 93-94

¹⁰⁹ v. TORRETTI(1984)

¹¹⁰ Per exemple, amb GRÜNBAUM (1973) i FRIEDMAN (1991)

expliquen. Les dades, fins i tot *totes* les dades, són insuficients per a determinar una teoria i per tant per a mostrar-nos com és la realitat. Aquí trobem l'origen d'una concepció de les teories empíricament equivalents.

Malgrat que aquesta és una tasca de la física i fer-ho, per tant, des de l'especulació filosòfica ens exposa a cometre errors greus en la formulació d'alternatives podria resultar clarificador desenvolupar alguna de les conseqüències, o si més no els implícits d'una teoria alternativa construïda sobre una geometria euclidiana.

Com veurem, la proposta no es restringeix a l'àmbit geomètric sinó que comporta, necessàriament, el corresponent aparell teòric de manera que no podem dir que les geometries són intercanviables sense modificar d'alguna manera la teoria que la contextualitza. És a dir, la modificació no serà parcial sinó que comporta una modificació substancial dels elements teòrics i de la relació que estableixen però no necessàriament de la seva traducció en lleis i formulacions matemàtiques.

Si volem mantenir una geometria euclidiana caldria, per tant, una ampliació de l'àmbit d'influència del camp gravitatori, per exemple. Això permetria per començar, postular que, malgrat la geometria que descriu espai i temps és euclidiana, les partícules lliures en un camp gravitatori no descriuen una trajectòria rectilínia en veure's afectades per aquest camp. És a dir, a un "escenari" espaciotemporal "pla" s'hi sobreposa un camp, de tipus gravitatori, però que afecta a tot tipus de fenomen.

Aquesta proposta, en tot cas, postula l'existència d'entitats indetectables en el sentit que, per exemple, les rectes euclidianes no són descrites per cap partícula. De fet, un sistema euclidià compensat amb un conjunt de forces (no cal que sigui una sola) no determina un únic món. Com que no podem saber quines són les rectes euclidianes, perquè es mantenen ocultes per l'efecte d'aquestes forces universals, tampoc sabem quina és la magnitud d'aquesta força. Per tant, podem dir que tenim un conjunt infinit d'espais-temps euclidians que equivalen al model no euclidià de la relativitat general. Per veure aquesta correspondència només caldria que imaginéssim –com va proposar Maxwell en un context prerelativista– que l'univers es mou acceleradament i en conjunt en una direcció determinada¹¹¹ (com si "caigués"). Aquest efecte seria indetectable malgrat que podria formar part del

¹¹¹ V. SKLAR(1994) p.99.

conjunt de forces universals que modifiquen el comportament de les partícules i ones igual que les altres.

Amb la teoria clàssica es postulava una equivalència del comportament cinemàtic dels objectes per tot sistema de referència inercial malgrat haver-n'hi un de veritable però inaccessible a l'experiència. Amb la teoria especial de la relativitat aquests comportaments passen a ser tots ontològicament equivalents. De la mateixa manera, amb la teoria general de la relativitat passem d'un món on les acceleracions dels sistemes de referència no inercials són equivalents, malgrat que només una és la veritable, a ser-les totes.

Si postulem un món amb una geometria euclidiana aquest tipus d'equivalència epistemològica entre els sistemes de referència es trenca. Tornaria a haver un sol sistema de referència veritable, en el millor dels casos, però no sabríem quin. Això explicaria, de manera alternativa, perquè les lleis seguirien sent les mateixes.

El principal argument de Poincaré era que, donat que qualsevol evidència que provingui de l'observació empírica requereix un marc teòric, les conclusions en relació a l'estructura geomètrica del món que formulem són fruit de la convenció. Això és així perquè, els fets s'han d'explicar tot afegint elements teòrics de manera que podem salvar aquells elements que ens convinguin tot postulant canvis correctius per a fer-los correspondre amb les dades.

Així, si volem mantenir una teoria gravitacional que, tot i explicar els mateixos fenòmens que la teoria general de la relativitat, mantingui el caràcter euclidià de la geometria de l'espai-temps, cal que afegim a la nostra teoria alguns elements correctius per a explicar els efectes que Einstein li atribueix a la curvatura espaciotemporal.

Per exemple, la modificació habitual és la de proposar un tipus de *Força Universal*¹¹² que a)afectaria a tot tipus de fenomen físic, des de la matèria a les ones electromagnètiques de la mateixa manera i que b)no coneix cap barrera. Aquesta proposta compleix dues condicions: primer, *explica l'equivalència que es dona entre camp gravitatori i sistema no inercial que es postula al principi d'equivalència* –i que hem de considerar com un fenomen a emmarcar teòricament– i, segon, emula amb gran

¹¹² v. REICHENBACH (1957) p. 13.

exactitud el tipus de força que es mostra a la paràbola de Poincaré. Òbviament una correcció d'aquest tipus pot complicar de manera horrible els càlculs i fer del tot incompreensible el que succeeix però aquest tipus de valoracions resulta complicat abstroure-les de l'àmbit de la subjectivitat. Les dificultats per a formular-la, si de cas, ens permeten copsar una raó més a les al·legades a la secció 2.2. per explicar l'escassetat de teories alternatives quan una altra és predominant.

Això és així, a més, perquè estem treballant amb elements teòrics i per tant amb els elements que estan més directament vinculats a la nostra ontologia. Implícitament, per exemple, la lectura convencionalista que proposava Poincaré entén que aquests termes no estan determinats en base a objectes observables sinó que poden ser considerats la nostra aportació a la “reconstrucció” dels esdeveniments. Si bé podríem dir que, per exemple, sí que observem de manera directa elements estructurals de l'espai-temps –com la mesura del pas del temps (com una experiència interna)– no resulta gens difícil mostrar que de la mateixa manera que l'instrument de mesura de distàncies, el regle o el feix de llum, està subjecte a l'efecte de qualsevol tipus de força postulada de manera universal també ho ha d'estar un altre aparell de mesura, en aquest cas temporal com és el rellotge, fins i tot en el cas imaginat per Einstein que els rellotges siguin lumínics. No hi ha accés directe a l'espai-temps, sinó a través d'aparells que registren fenòmens, que comparen objectes i que poden estar sotmesos a efectes físics.

La pròpia crítica d'Einstein a la física clàssica gira entorn a l'abandonament del postulat d'existència de l'espai absolut com entitat pròpia però inobservable. En aquesta revisió la relativitat estableix clarament que no podem parlar, per exemple, d'interval de temps absolut sinó d'interval de temps *mesurat*. Observem el comportament dels raigs de llum, de partícules, de rellotges i de regles, no de l'estructura mateixa de l'espai-temps. I per tant aquesta estructura només és *inferible* a partir del comportament dels objectes materials. És tot el que hi ha, podríem dir. Però això suposa mediatitzar la mesura, i aquest mitjà també està subjecte als efectes físics.

No obstant, no hi ha unanimitat respecte si el que defensa el convencionalisme és l'existència real d'entitats ocultes a l'experiència que la teoria postula com a existents

malgrat ser inaccessibles o si, per altra banda, el que fa la teoria és edificar sobre l'experiència una estructura, que no existeix al món físic, que permeti explicar els esdeveniments d'una manera concreta. Aquesta és l'atribució dels models ontològics associats a la teoria i, si de cas, el que ens recorda el posicionament convencionalista és que aquests es trien amb criteris aliens a l'experiència. Tenim, doncs, dues propostes ontològiques amb un mínim grau de solidesa fruit de la discussió.

El caràcter ontològic de les entitats geomètriques, en aquest cas, seria el de conceptes intercanviables. Podem demostrar com conceptes com rectes/geodèsiques no euclidianes són expressions equivalents a rectes euclidianes afectades per forces universals d'una manera similar a com entenem que els termes *recta*, *straight line* o *ligne droite* ens parlen del mateix¹¹³. Malgrat la diversitat de formes que podem fer servir per a referir-nos a l'estructura de la realitat podem observar que existeixen alguns elements que són invariants i que poden ser entesos com els elements comuns a les descripcions mètriques triades (és a dir, les propietats que correspondrien a l'estructura absoluta de la geometria). Tot i així, fins i tot aquests elements poden ser entesos com a entitats pròpies d'una *percepció transcendental* de manera que no està garantida la seva existència més enllà de les condicions de la intel·ligibilitat humana.

Al respecte, i inspirant-se en la descripció del món esfèric de Poincaré, Grünbaum declara:

En virtut de la inexistència d'una mètrica específica, la igualtat o canvi de la longitud que un cos posseeix en diferents llocs i diferents moments consisteix en la raó (relació) d'aquest cos respecte a la norma convencional de congruència. Que aquesta raó canviï o no és completament independent de tot descobriment humà d'aquest fet

[...]

I així, el caràcter relacional de la longitud emana, en primer lloc, no de la forma en què els humans mesurem la longitud, sinó de la incapacitat del continu de l'espai físic de tenir una mètrica intrínseca, incapacitat que és completament independent de les nostres activitats de mesura

[...]

Donat que, per començar, no existeix una propietat de rigidesa veritable que pugui ser descoberta per cap experiment humà, cap possible experiment podria desvetllar la seva presència. Per tant, la impossibilitat de la verificació de l'autèntica rigidesa per nosaltres els

¹¹³ v. ROMERO(2000)

humans és conseqüència de la seva inexistència en l'espai físic i prova de tal no-existència, però no constitutiva d'ella.¹¹⁴

Infradeterminació geomètrica

Resta, doncs, la possibilitat de considerar que el que succeeix és que la teoria, tal com està formulada, no és capaç de determinar de manera definitiva la geometria que correspon a l'espai-temps.

Tenim al davant, per tant, dos teories diferents en el sentit definit anteriorment. És a dir, malgrat que acceptem que la formulació –inclosos el postulat d'equivalència i l'equació de la relativitat general– és la mateixa en tots dos casos, en llegir-la en termes diferents en funció del model ontològic –per un l'espai-temps interacciona amb la matèria-energia esdevenint una varietat no lineal, per altra la matèria-energia és la responsable de modificar les trajectòries i els efectes de tota mena de moviments com si fos una mena de camp d'efecte universal– obtenim dues teories diferents.

Considerant aquesta situació s'obren davant nostre dues opcions. La primera, que podríem anomenar escèptica, entén que, malgrat considerar que la varietat espaciotemporal té en efecte una estructura geomètrica, aquesta ens seguirà essent desconeguda per les condicions epistemològiques que hem descrit. És a dir, assumim que no sabem quin dels dos models és el correcte –o un altre de desconegut– malgrat que entenem que formen part de l'estructura ontològica.

L'altra, que podríem considerar fonamentada en perspectives reduccionistes, sosté que l'estructura geomètrica no té correspondència real a l'espai-temps en la mesura que és una construcció mental. Podem considerar una existència real de l'estructura topològica (tal com hem vist la secció anterior) però no la dels elements que determinen la mètrica. Aquesta via permet defugir posicions escèptiques en tant que es manté que podem conèixer allò que existeix, dins uns límits, i sobretot el que no existeix establint una tesi ontològicament més forta que entendria que les entitats geomètriques no tenen existència física en la mesura que són elements teòrics purs.

¹¹⁴ GRÜNBAUM (1973) p.42

Aquesta és, probablement, la lectura que fa determinades versions del convencionalisme, com ara la de Grünbaum¹¹⁵.

Entendríem, per tant, que tots dos models són expressió dels mateixos fenòmens amb formes diferents d'entendre el paper dels models ontològics de la formulació teòrica. El primer postularia que els models ontològics són indistingibles però acceptant que algun d'ells es pugui correspondre a la realitat. La segona posició, en canvi, considera que el model ontològic és un altre, més bàsic, que pot expressar-se en forma de ser ficcions útils heurísticament però que no tenen contrapartida objectiva i per tant, els podríem identificar com a similars als fenomenològics. En un cas així, la realitat es troba a un nivell més fonamental i els models en conflicte en són alguna mena d'emergència.

La darrera opció –que considerarem amb més detall al capítol III– ens convida a pensar que, al marge de les entitats que la teoria postula per al seu funcionament, és possible entendre que dues teories aparentment incompatibles són realment la mateixa donat que tenen les mateixes implicacions empíriques i vindrien a tenir el mateix model ontològic, encara ocult. Per a fer-ho, no obstant, necessita buidar de contingut els models que són explícits.

L'acceptació de la perspectiva convencional va més enllà d'aquesta discussió i ens diu que, en relació a la mètrica, podem triar amb criteris que no hi tenen a veure, la conveniència. En aquest sentit, hem vist que sovint la fertilitat heurística pot ser decisiva.

La geometria física no té l'abast que pressuposàvem de partida donat que li falten propietats mètriques. Així, el possible caràcter d'una geometria del món estaria restringit a aquelles propietats que, en principi, són comunes a tots els models matemàtics que coneixem. Podríem dir que les característiques geomètriques de l'espai-temps són les de la teoria absoluta o la projectiva, o fins i tot només les pròpies de la topologia. En aquest cas hom es pot demanar perquè l'abast de les entitats matemàtiques és diferent en el cas de les propietats més fonamentals que no pas les que admeten diferents models. Seria fàcil assenyalar que resulta si més no sospitós que aquelles condicions matemàtiques que entenem com a necessàries (és a dir, les comunes a tota geometria, sigui quina sigui la seva manifestació mètrica)

¹¹⁵ v. GRÜNBAUM(1973).

siguin les pròpies de la varietat *real* espaciotemporal i, en canvi, aquelles que admeten diferents possibilitats i sobre les que, per tant, s'haurien de manifestar les dades de l'experiència són fruit de la imposició humana sobre la realitat. Una sortida òbvia a aquest fet seria una certa recuperació del caràcter transcendent de la geometria absoluta i, per tant, de l'organització espacial mínima de la realitat. D'aquesta manera tindria caràcter necessari allò que constitueix un *a priori* de l'experiència de coneixement i allò que permet diverses opcions no en formaria part.

Definicions coordinatives

L'arrel del problema és la possible incapacitat d'una teoria de definir tots els seus termes a partir de les aportacions de l'experiència. Tal com vèiem a la secció 2.2 en parlar de models ontològics entenem que aquests tenen una tasca semàntica clara en proporcionar a la teoria una referència per a determinats termes teòrics. Si una definició és o bé la reducció d'un concepte a altres conceptes o bé la designació directa d'un objecte –una definició coordinativa– ens trobem que, com a condició per al darrer tipus de definicions, cal fer una tria arbitrària que representa una tria de model.

En triar una determinada escala podem fixar un cert nombre arbitrari de graus de calor per un cos donat, però aquesta indicació té un significat objectiu tant bon punt afegim la definició coordinativa de l'escala. Per contra, és la tasca de les definicions coordinatives donar un significat objectiu a les mesures físiques. Mentre no es va enunciar a quins punts del sistema mètric s'assigna una definició arbitrària, totes les mesures eren indeterminades; només descobrint els punts d'arbitrarietat, identificant-los com a tals i classificant-los com a definicions podem obtenir resultats de mesures objectives en física.¹¹⁶

Aquest caràcter arbitrari sembla l'origen de la tesi convencionalista i, en tot cas, ens remet al caràcter semàntic dels models ontològics. En el cas de la geometria, per exemple, podem considerar que la distància és un *concepte coordinatiu*. Aquest fet és més clar si observem de quina manera es constituïa una geometria riemanniana: triant una mètrica¹¹⁷. En relativitat, aquesta opció coordinativa és òbvia, donat que la tria de la recta es fa per designació de la trajectòria de la llum. Estem establint, per correspondència, el tipus de mètrica que la varietat tindrà i per tant el caràcter no

¹¹⁶ REICHENBACH (1957) p. 37.

¹¹⁷ V. SMITH (1959) p. 411-425. per l'article original o una síntesi a ROMERO(2011)

euclidià de la geometria que descriu. I aquí és on el paper de les entitats representades en la teoria és més visible.

El punt de partida per a una visió amb significat ontològic ha de ser, necessàriament, anar més enllà d'un convencionalisme semàntic, tal com defensaríem en cas que consideréssim que totes les versions descriuen, en el fons, el mateix. No es tracta, només, d'afirmar que la teoria està infradeterminada i que per tant els conceptes teòrics són objecte d'una tria (d'aquí el conveni) sinó de determinar l'existència –o la seva falta– de les magnituds associades en el món físic en base a la proposta ontològica.

La mètrica, que només podem conèixer en l'acte de mesurar, depèn de la propietat de congruència dels segments en l'espai. Per tant no és perceptible, i la tesi de partida és que la raó no és pas un problema epistemològic, sinó un problema de tipus ontològic: l'espai-temps no té mètrica pròpia, intrínseca. Aquest caràcter *mètricament amorf* de la varietat espaciotemporal es demostra a partir de la tesi convencionalista però no es considera que en sigui conseqüència donat que es tracta d'un postulat epistemològic. Malgrat això, veiem que el model ontològic propi d'aquesta versió del convencionalisme, pel que fa a la geometria física, es dona sense mètrica i aporta tot un seguit de raons per a defensar-ho, basant-se, entre d'altres, en el concepte de continuïtat¹¹⁸.

Així doncs, la convenció apareix a la tria del concepte de congruència, que després permetrà la determinació de la mètrica i per tant del caràcter euclidià o no-euclidià de la geometria.

Només la tria d'una norma particular de congruència, *extrínseca* al propi continu, pot determinar una única classe de congruència, havent *decretat per conveni* la rigidesa o autocongruència d'aquesta norma o patró en el transport [...] L'obtenció de la relació de congruència entre dos segments és subjecta a conveni, estipulació o definició, i no una qüestió fàctica respecte a la qual les dades empíriques poden mostrar que hom s'ha equivocat. I per tant, no pot plantejar-se de cap manera la qüestió d'una geometria empírica o fàcticament determinada fins que no es faci una estipulació física de congruència¹¹⁹

¹¹⁸ v. GRÜNBAUM (1973) p.9-10

¹¹⁹ *Ibid.* p.11-12

Quan es busca mostrar l'origen del que considera una argumentació errònia del convencionalisme hom argumenta¹²⁰ que es troba en entendre que l'espai-temps només té com a característiques pròpies relacions de tipus topològic i que per tant els conceptes geomètrics que no són definibles a partir d'aquestes propietats no tenen existència objectiva.

Certament, el que trobem és un confrontació de dos models ontològics enfrontats que tenen una formalització similar. Per una banda el convencionalisme geomètric defensa que les característiques pròpies de l'espai-temps són mínimes – però en suposa l'existència en tant que varietat espaciotemporal– mentre que els crítics –que podríem considerar realistes– atribueixen a les entitats del seu model més propietats, sobretot la mètrica¹²¹. Per fer-ho, no obstant, recorren a arguments metodològics que no tenen una caracterització gaire diferent de l'argument de conveniència que exhibeix el convencionalisme. Poden ser, com veurem, l'expressió d'una visió ontològica determinada, com pot ser un cert pitagorisme o la substanciació del criteri d'economia. En consonància, també ho serà el model derivat.

Experiments mentals en el debat espaciotemporal

En relació a la teoria relativista la presència de models de diversos tipus és considerable. Trobem, per exemple, que les seves equacions ens proporcionen diversos models teòrics, com les conegudes solucions de Schwarzschild o les de Friedmann, que ens mostren com aquesta categoria es vincula a idealitzacions com els postulats d'infinitud de matèria o la clausura de la varietat espai-temps.

Per altra banda hem vist com els models ontològics es poden associar més o menys acceptablement als postulats de la relativitat els experiments mentals poden constituir una expressió dels models ontològics de la teoria. Qualsevol que hi estigui familiaritzat amb aquest tema haurà trobat a faltar en la nostra relació a la secció 2.3 un seguit d'experiments que resulten idonis per a il·lustrar aquesta tasca. L'omissió ha estat totalment intencionada en la mesura que corresponen a l'exemple que hem triat per desenvolupar.

¹²⁰ v. FRIEDMAN(1991) p.364 i s.

¹²¹ v. NORTON (1994), FRIEDMAN (1991) o EARMAN (1989)

En efecte, trobem en relació al debat sobre la naturalesa de l'espai-temps i altres aspectes relacionats amb la teoria relativista diversos exemples d'experiments mentals que hi tenen un paper rellevant. Alguns han estat històricament un estímul al desenvolupament de la teoria mentre que d'altres es mantenen com a font de discussió sobre l'estatut ontològic de termes teòrics com pot ser la mètrica.

Tots dos casos il·lustren de manera excel·lent el paper que hi juguen els models ontològics.

L'esfera de Poincaré

Com ja s'ha pogut veure, el cas de l'esfera que fa servir Poincaré per parlar-nos de la geometria com a convenció és un clar exemple d'experiment mental. Ens permet, a més, discutir l'abast de l'experiència per a diferenciar entre teories i ens ha portat, de fet, a admetre que la possibilitat que siguin empíricament equivalents és un repte plausible per a la suposada contribució de la ciència al nostre coneixement de la realitat.

Es tracta, també, d'un exemple de conflicte entre dos possibilitats indistingibles a nivell experimental que ens mostren sengles models ontològics en oposició i com resultarien indistinguibles a partir de l'experiència. La proposta, en efecte, no ens permet apel·lar a altres criteris per a resoldre aquesta tria i simplement ens mostra com els mateixos resultats i equacions fenomenològiques iguals podrien relacionar-se amb ontologies diferents imaginant-nos en una posició omniscient.

La galleda i l'espai absolut

En el debat entre substancialisme i relacionisme Newton respon a les crítiques sobre el caràcter absolut de l'espai aquest exposant un conegut experiment que, per les condicions límit en que s'hauria de desenvolupar, es pot considerar mental. La definició dels conceptes de moviment accelerat al marge de la posició d'altres objectes com pugui ser l'observador o el seu motor quedava confirmada pel que coneixem com l'*experiment de la galleda*¹²² on es postulava que la superfície de l'aigua continguda en una galleda en rotació mostraria una concavitat com a resultat del seu moviment absolutament accelerat.

Newton, atiat per la controvèrsia amb Leibniz, ens proposa que ens imaginem una galleda mig plena d'aigua i penjant d'una corda. Si fem girar la galleda com si

¹²² NEWTON (1987) p. 37-38.

retorcéssim la corda (és a dir, fent-la rotar sense moure-la de lloc) observarem que, si bé al principi l'aigua no descriu cap efecte en passar el temps la superfície es corbarà cap a baix per efecte del que anomenem col·loquialment com a “força centrífuga”. Si procedim a aturar la rotació l'aigua manté la seva superfície corbada. Newton conclou que la força centrífuga no es pot explicar amb els moviments relatius de Leibniz donat que aquests (entre l'aigua i la galleda) es donen tant al principi com al final de procés mentre que la força en qüestió apareix només al final. Si la galleda es mou quan l'aigua està quieta, no es mostra l'efecte. Si la galleda està quieta quan l'aigua es mou, notem la força centrífuga. Així doncs, és un efecte que s'explica pel moviment de l'aigua respecte l'espai, i no respecte altres objectes com proposaria Leibniz. No era possible explicar per què l'aigua experimentava forces o acceleracions si la seva posició relativa amb la galleda no canviava de manera que havien de tenir un origen diferent i aquest, és clar, era el moviment de l'aigua respecte l'espai.

Així doncs, tenim dos tipus de moviments: uns amb rotació o amb acceleració lineal, absoluts, que tenen significació observable i que són distingibles per a les lleis físiques, i uns altres en repòs absolut o en moviment a velocitat constant que no tenen una contrapartida empírica i que per tant no podem diferenciar dels altres del mateix tipus.

Com podem veure, en principi es tractava d'un contrast a favor de la visió absolutista de Newton i així fou considerat, incontestat fins que Mach no feu el seu estudi crític .

La versió de Mach¹²³

L'alternativa consistia a afirmar que, en efecte, podem entendre el moviment de la galleda *en relació* al conjunt de les entitats materials de l'univers, incloses les “estrelles fixes”. Així, les forces que un cos accelerat experimenta com podria ser l'aigua de la galleda es poden referir a una certa interacció amb la resta de la matèria de l'univers.

A més, es pot encara substituir l'espai-temps absolut per l'univers en conjunt tal com va suggerir Mach. Així, les forces resultants de la inèrcia s'explicarien respecte a la distribució mitja de matèria en l'univers i no respecte a l'entitat inabastable de

¹²³ v. MACH (1974) p.280 v. REICHENBACH (1957) p.213-218 per un resum detallat el podem trobar a

l'espai-temps substancial. Si aquest fos el cas, una galleda que gira en un univers quiet hauria d'experimentar els mateixos efectes que una galleda immòbil en un univers rotatori. I, de fet, tampoc podríem parlar de manera adient d'un univers en rotació donat que si ho fes com un sol bloc no ho faria respecte a res, en haver descartat l'existència de l'espai-temps absolut.

Per a Mach aquesta idea d'un univers *conjunt* que podia servir de referència en substitució de l'espai havia de ser més natural després que la teoria electromagnètica afegís a la matèria pròpia de la mecànica el concepte de camp i d'ona. Aquestes noves entitats, emplenen novament l'espai que Newton havia "buidat" per a respondre al problema de la propagació electromagnètica i prenen, per tant, el paper de referent per al moviment absolut. Així doncs, el moviment dels sistemes inercials es pot fer en referència a altres elements amb realitat experimental i per tant el principi de relativitat pot prendre un caire més ontològic que el que tenia en la formulació newtoniana, amb un biaix d'impotència epistemològica.

Tots dos experiments mentals, doncs, confronten –en base a les mateixes dades empíriques– els models ontològics per a l'espai en conflicte. Certament ens permeten veure com es tracta d'argumentacions obertes, en tant que les premisses de partida són diferents. Aquestes premisses són, precisament, els models ontològics que desenvolupen.

L'ascensor d'Einstein¹²⁴

Com hem vist ja, Einstein és un gran formulador d'experiments mentals. No és estrany també que es trobi en les discussions que ens interessin en relació al caràcter ontològic de les teories on va participar.

El *principi d'equivalència* que enuncia Einstein com a punt de partida per a la seva teoria general de la relativitat es pot visualitzar amb aquest conegut experiment. En començar la seva recerca necessita establir un criteri que li permeti afirmar que els observadors, siguin mútuament accelerats o no, siguin indistingibles. Certament, pel cas d'observadors accelerats aquesta possibilitat és més complexa que per als galileans però finalment troba un plantejament que li permet arribar a formular aquest principi.

¹²⁴ v. EINSTEIN (2005) p.74 i s. i EINSTEIN (1998) p.35 i s.

Suposem que al mig del sostre de la caixa, per la part exterior, s'hagi fixat un ganxo amb una corda, i que un ésser inespecífic comenci a tibar-ne amb una força constant. La caixa i l'observador s'enlairaran conjuntament amb un moviment uniformement accelerat cap "amunt", i amb el temps assoliran una velocitat fantàstica, cas que ho observem tot des d'un altre cos de referència del qual no es tiba amb cap corda.

Ara bé, com jutja l'esdeveniment l'home de la caixa? El terra li transmet per reacció l'acceleració de la caixa, de forma que ha de resistir aquesta pressió amb les cames si no vol acabar a terra. Així, l'home s'està dret a la caixa igual que un altre s'estaria dret a una habitació d'una casa sobre la Terra. Si deixa anar un cos que té a la mà, l'acceleració de la caixa deixarà de transmetre-s'hi i el cos s'aproparà al terra amb un moviment relatiu accelerat. L'observador es convencerà, a més, que l'acceleració del cos cap al terra és sempre la mateixa sigui qui sigui el cos amb el qual faci l'experiment¹²⁵.

Té un aire molt similar al de l'esfera de Poincaré de manera que comparteix gran part de les seves característiques. Es tracta, en tot cas, d'un experiment constructiu de tipus conjectural que permet, per una banda, establir una nova teoria amb l'ajut d'una ontologia derivada. El principi d'equivalència, de fet, es pot entendre com una afirmació epistemològica –donant a entendre que l'ontologia queda oculta a les dades experimentals– o com un postulat ontològic –proposant que precisament una acceleració i un camp gravitatori són en realitat la mateixa cosa. La primera lectura ens permet veure com la segona és una aposta per un dels models possibles tal com mira d'expressar l'equació de camp¹²⁶.

Estrictament, però, el principi només ens diu que es tracta de realitats que es manifesten de manera equivalent i que, per tant, les fa indistingibles. Les discussions al voltant de la naturalesa de l'espai-temps com les que hem mostrat en parlar de geometrodinàmica ens mostren que no es tracta d'un principi ontològicament indiscutible sinó que és possible compatibilitzar-en dos models oposats amb la mateixa experiència.

L'argument del forat¹²⁷

Fins ara hem mostrat alguns experiments que mostren com és possible trobar-nos davant models ontològics diferents donant lloc a teories empíricament equivalents. Però el paper que juguen aquest tipus d'arguments és, també, el

¹²⁵ EINSTEIN (1998) p. 36.

¹²⁶ v. EINSTEIN(2005) p.157

¹²⁷ v. EARMAN(1989) p.175 i s.

d'aportar criteris suplementaris que ens permetin fer una tria entre les teories en conflicte. Trobem, per exemple, un experiment mental que ens aporta raons relacionades amb el principi d'economia per a discutir entre les propostes relacionista i substancialista. Aquest és el cas de *l'experiment del forat* que partint de la idea que la relativitat s'entén com una teoria determinista —és a dir, que les equacions ens permeten establir esdeveniments futurs i revisar-los en la mesura que disposem d'informació suficient per les equacions— planteja un retrat “instantani” —concepte discutible en relativitat— de l'espai-temps i en treu conseqüències. Per tant, a partir d'aquest *retrat* ens podem plantejar reconstruir la història completa de l'espai-temps.

Però si prenem una petita regió de l'espai-temps buida de matèria, un *forat*, aleshores tenim que diferents distribucions espaciotemporals en el forat poden ser igualment compatibles amb els fenòmens sempre que ho siguin amb la distribució de matèria fora d'ell. Per tant, diferents estructures espaciotemporals es corresponen a una mateixa distribució de la matèria i això ens privaria de l'ús determinístic de les equacions donat que no sabríem quina de les diferents opcions correspon al nostre retrat. Podríem construir, sobre la informació de partida dos models diferents, per exemple, que s'ajustessin igualment al passat i al present però amb futurs diferents. Això és possible perquè els punts i l'estructura de l'espai-temps és considerada com alguna cosa existent en si mateixa i no dependent de termes materials. Si això no fos així, aquests mons diferents no ho serien donat que la distribució de matèria-energia és la mateixa i allò que no es pot discernir ha de ser, per a un seguidor de Leibniz, la mateixa cosa.

Es tracta, doncs, d'un argument que ens permet fer una tria entre models en conflicte partint de consideracions no empíriques —en aquest cas metafísiques— de manera que podem observar com els elements que intervenen en la discussió són de l'àmbit propi d'aquests models.

Això mateix trobem amb les varietats patològiques que consideràvem a la secció 3.1 on les línies de temps esdevenien cicles. Les equacions —la formulació teòrica— és compatible amb aquestes idees però el model derivat resulta difícil d'assumir.

Ara bé, cal dir que si bé remetre'ns a consideracions suplementàries ens permet triar entre teories la història dels experiments mentals també ens aporta casos on precisament l'apel·lació a criteris de tipus metafísic no sempre és suficient.

En mecànica quàntica, precisament, la proposta d'experiment mental que es va fer al seu dia va tenir conseqüències inesperades, com ja hem notat en parlar de l'EPR. Podem dir que a quàntica trobem problemes similars com els que tenim amb relativitat però amb la diferència que en comptes de tenir diversos models equivalents ens trobem amb una falta absoluta de propostes ontològiques satisfactòries des del punt de vista filosòfic.

3.4. Conclusions

Hem pogut veure que es pot distingir diversos nivells en la proposta ontològica de les perspectives geomètriques espaciotemporals que cal fer evidents.

Per una banda constatem que podem establir dos models diferents per a la consideració de l'espai-temps com una entitat fonamental en la nostra concepció teòrica. És a dir, podem establir, com ho fan els substancialistes, que el nostre model ontològic postula l'existència de la varietat espaciotemporal o entendre que el que la formalització teòrica fa servir com a espai-temps és una característica derivada de la distribució relativa de matèria-energia, com explica el relacionisme.

En aquest sentit els models representen el reconeixement d'una insuficiència, la incapacitat d'intel·ligibilitat de la realitat, que no és aliena a la pràctica científica des dels seus inicis.

Newton reconeixia, en cloure els *Principia* que no podia «simular hipòtesis» quan es tractava d'explicar per què era possible l'acció a distància¹²⁸. Les nostres propostes ontològiques sí que són hipòtesis, de la mateixa manera que el físic anglès –mal que li pesi– també en formulava de manera explícita en parlar d'espai absolut i implícita en considerar que la distribució de la matèria no era la responsable dels efectes observats per sistemes de referència mútuament accelerats.

Però, tal com vèiem en la possibilitat d'equivalència entre una geometria no euclidiana i una d'euclidiana amb forces universals, ens preguntem què hi ha darrera de la connexió entre els esdeveniments de, per exemple, la curvatura de les ones

¹²⁸ NEWTON(1987) p.621

electromagnètiques que mostren totes dues teories i observem que ens falten criteris empírics per a saber-ho.

Per altra banda hem vist com, a sobre d'aquesta primera discrepància es poden construir noves diferències entre models partint de la consideració que la mètrica tingui existència pròpia o no. La posició realista –que considera que la mètrica és independent del nostre criteri– ja és un postulat ontològic que es contraposa a determinades visions del convencionalisme, que consideren que distàncies i curvatura són conceptes que es postulen de manera operativa –podríem dir que atorgant-los un estatut fenomenològic– o si més no s'admet la impossibilitat de saber quins d'aquests elements és el fonament ontològic de les nostres observacions.

Hom pot assenyalar que la consideració mateixa que totes aquestes atribucions existencials puguin ser diferents –que hi pugui haver tots aquests models ontològics diferents– és ja una proposta convencionalista de tipus més fonamental. Admetre que les teories poden discrepar només en la seva composició ontològica, en el seu model, és reconèixer que les triarem atenent-nos a criteris d'altre tipus, probablement *a priori*, és a dir que no puguin fonamentar-se en la seva base empírica. Farem consideracions heurístiques, o d'aposta global respecte el que considerem que és el món, però si la discrepància només es troba en el model ontològic, aleshores no podrem esperar que algun experiment crucial ens ajudi a triar i ens haurem de remetre a postulats d'ordre metafísic per a resoldre en favor d'un o altre.

És més, en relació al debat obert al voltant de l'existència de teories empíricament equivalents, la possibilitat que dues teories –tal com les hem definit aquí– es diferenciïn només en la seva proposat ontològica ens permet pensar que hi podem trobar elements de discussió interessants.

Veurem a continuació, doncs, què entenem per equivalència empírica i com afecta la noció de model ontològic a la seva problemàtica.

III. EQUIVALÈNCIA EMPÍRICA I MODELS ONTOLÒGICS

La idea que les entitats que les teories postulen com a existents constitueixen un model té també un paper en la discussió sobre la possibilitat que qualsevol conjunt de dades indueixi diverses teories empíricament equivalents. Habitualment la discussió sobre la possibilitat de trobar aquest tipus d'equivalència s'establia incloent-hi també les proposicions formals –si n'hi havia– de manera que les diferències entre les propostes –encara que fossin compatibles amb les mateixes dades– eren òbvies. La consideració que la divergència en les propostes ontològiques són també diferències entre teories introdueix una nova variable en aquesta discussió.

Cal, però, establir de manera prou clara, què volem dir quan parlem d'equivalència empírica i perquè això té algun tipus d'importància en la nostra comprensió del món. I per a fer-ho haurem de començar per parlar de la idea –de més abast– d'infradeterminació de les teories per part de les dades.

1. INFRADETERMINACIÓ

És sabut que la inducció parcial ens remet al problema de la fonamentació d'enunciats generals. Si bé la totalitat de casos ens permet establir un enunciat universal està clar que un subconjunt dels mateixos ens aboca al clàssic epistemològic de garantir que la proposició sigui vàlida per als casos no observats. De manera similar –més enllà de qüestionar altres elements rellevants en la determinació de teories– si només podem considerar les dades empíriques disponibles fins el moment no tenim la garantia que no es produeixin observacions futures que siguin incompatibles amb una teoria ni tampoc que hàgim passat per alt dades ja obtingudes amb les mateixes conseqüències. És a dir, les teories sempre estan subjectes a revisions futures. Aquest fet –la provisionalitat de la nostra col·lecció de dades– és sempre present en l'activitat científica i constitueix el que podríem anomenar un cas provisional d'infradeterminació, un *casus belli* habitual en la filosofia de la ciència. Estem parlant, és clar, del problema de la inducció en un sentit ampli.

Aquest problema, però, considera que si totes les observacions confirmen l'enunciat general –si és tracta d'una inducció total– podrem estar segurs que descriu

el comportament de la realitat. El problema rauria en el fet que no hem trobat encara si cap experiència ens forçarà a rebutjar-la.

El concepte d'infradeterminació, però, ens remet a la idea que els fenòmens empírics –fins i tot en el suposat cas que tinguem disponibles totes les experiències possibles– poden no ser suficients per assegurar-nos que una teoria sigui l'única possible per a explicar-los. Hi ha, per tant, una referència a conceptes explicatius i per tant anem més enllà que la simple constatació d'observacions que sembla ocupar la inducció simple. Quan parlem en aquest sentit ens referim a la possibilitat que les dades empíriques que justifiquen dues teories (amb el benentès que és possible resoldre el problema de la commensurabilitat) són les mateixes, no només fins aquest moment, sinó en tot cas present i futur.

Si això és així, les nostres propostes teòriques es triarien atenent a criteris que van més enllà de la seva justificació empírica i aleshores hauríem de veure quins són els seus fonaments.

La idea d'infradeterminació subjau en especulacions clàssiques com ara la possibilitat cartesiana que no puguem distingir somni de vigília –mostrant, per tant, com les aportacions “sensorials” podrien ser les mateixes en tots dos casos i fer-los indistingibles– o fins i tot en la possibilitat de confusió en allò que se'ns presenta com a coherent –propi del *geni maligne*– o la crítica a la inducció de N. Goodman¹. J. S. Mill, per exemple, mostra la seva preocupació al respecte en admetre que existeix la possibilitat que dues hipòtesis expliquin els mateixos fenòmens obrint la porta a una multitud d'altres explicacions fins i tot si, en virtut de les nostres limitacions en treballar amb analogies, encara no hem estat capaços de formular-les².

Però per parlar d'infradeterminació en termes més tècnics el punt de partida clàssic sol ser el plantejament de P. Duhem³ sobre diversos problemes que trobem en confirmar les teories físiques i W.O. Quine⁴ en la seva crítica a la distinció entre els conceptes *sintètic* i *analític*.

¹ v. GOODMAN(1983) cap. III

² v. MILL(1981). p.328.

³ DUHEM(1962)

⁴ QUINE(1951)

Cap dels dos autors és massa sistemàtic a l'hora de distingir entre les diverses línies de plantejament sobre la infradeterminació que es plantegen a partir dels seus treballs i és per això que haurem de fer una revisió que ens permeti establir què volem dir quan fem servir el concepte.

1.1 Tipus d'infradeterminació.

Ja hem pogut entreveure que és possible defensar diverses versions del concepte d'infradeterminació que no tenen ni la mateixa solidesa ni conseqüències equiparables.

En primer lloc cal distingir entre constatar que les dades són insuficients per a la configuració unívoca d'una teoria i l'afirmació que aquestes justifiquen qualsevol teoria. Aquests són dos extrems d'una lectura que admet diversos graus i que sovint permet defensar propostes que van més enllà del que ens interessa.

Probablement la distinció més fonamental que podem trobar entre els diversos tipus d'infradeterminació que hi ha és la que es dona entre infradeterminació *holística* i la *contrastiva*.

En el primer tipus, més "tècnic", el que es defensa és que la nostra incapacitat d'establir les hipòtesis de les nostres teories aïlladament ens aboca a la incertesa a l'hora d'identificar les raons de les nostres prediccions errònies. Això és així perquè qualsevol hipòtesi que sigui contrastable ha de venir acompanyada d'altres hipòtesis auxiliars, o creences fonamentals o prejudicis sobre el món, que, en cas d'una predicció errònia, ens permeten atribuir-les les responsabilitat de la mateixa.

Es tracta, doncs, d'un concepte lligat a la possibilitat de refutació empírica de teories que està relacionat amb àmbits molt treballats en el camp de la filosofia de la ciència com ara la falsació de teories.

En el cas de la infradeterminació contrastiva el que ens trobem és el que observàvem anteriorment: que per qualsevol conjunt d'evidències pot existir més d'una teoria que les confirmi de manera que esdevenen indistingibles a partir de les dades observades. En aquest darrer cas trobem, com ja hem vist, diferents graus d'infradeterminació com seria el cas del tipus provisional o bé es pot considerar que aquesta situació és impossible que es resolgui sigui quina sigui la quantitat i el tipus de fenòmens de què es disposa.

Veiem-les amb més detall.

Infradeterminació holística

El cas holístic el trobem en discussions força vigents, en especial en les disciplines que limiten amb al teoria de la ciència des d'una perspectiva historicista, com és el cas del programa fort de la sociologia de la ciència .

Les primeres observacions que fa Duhem sembla que estan orientades cap aquesta concepció. Planteja, d'origen, alguns arguments que el vinculen amb els processos d'hipòtesis i deducció i recorda que en dissenyar un experiment crucial – en el sentit que li dóna Bacon al *Novum Organum*– per una determinada hipòtesi intervenen una quantitat considerable de pressupòsits –ja sigui dins d'altres contextos teòrics o judicis auxiliars– que són fora de la discussió, que són acceptats sense objeccions. Aquest fet ens priva de saber si només la hipòtesi o la seva interacció amb la resta de principis són els responsables del contrast negatiu. Certament, en un experiment de contrast, les prediccions que no es compleixen no permeten tancar el debat sobre la correcció d'una hipòtesi determinada donat que no deriven exclusivament de la proposició que es vol verificar sinó que inclouen totes les hipòtesis i teories suplementàries. Un assaig negatiu només ens informa que algun d'aquests supòsits és erroni, però no ens diu quin.⁵

Prenent com a exemple l'experiment de Foucault sobre la velocitat de la llum en dos medis per saber si la seva naturalesa era corpuscular o ondulatoria podem veure a què ens referim⁶. Biot, tot assumint les idees de Newton sobre la naturalesa de la llum mirava de fer propostes alternatives davant els nous experiments de Fresnel. Finalment, l'experiment de Foucault mostra que la llum va més ràpid a l'aire que a l'aigua i Biot considera que ja no és raonable defensar més temps la teoria corpuscular malgrat que la lògica no l'obliga a fer-ho.

D'aquest exemple podem deduir que, en efecte, podem defensar formalment una teoria davant de contrastos negatius però també que les raons que porten a abandonar-la no tenen perquè limitar-se a la lògica. Del contrast negatiu no podem deduir que la hipòtesi de Foucault és falsa sinó que el sistema de suposicions sobre

⁵ v. DUHEM (1962) p.183 i s.

⁶ Tal com fa DUHEM(1962) p.187 i s.

el que es fonamentava, en conjunt, està condemnat. L'experiment, doncs, no ens diu on és l'error. Podria estar en la naturalesa corpuscular però també en la naturalesa d'aquests projectils i la seva interacció amb el medi. Si s'hagués considerat que la hipòtesi corpuscular tenia encara un valor fonamental sens dubte haurien suggerit alguna propietat òptica que la conciliés amb el resultat experimental.

La resistència a negar hipòtesi no s'ha de considerar un element particularment negatiu. Formular alguna contrahipòtesi *ad hoc* que després s'ha mostrat certa ha estat relativament freqüent en l'activitat científica. Tal fou el cas, per exemple, del descobriment de Neptú per Adams i LeVerrier. L'òrbita observada d'Urà no coincidia amb les deduïda de les hipòtesis de manera que alguna d'elles havia de ser falsa, ja sigui de la teoria o de les assumpcions auxiliars, una de les quals era "no hi ha més planetes que els que ens són coneguts". Les proves posteriors, en aquest cas la descoberta de Neptú el 1846, van permetre esbrinar quina d'elles era la responsable de la prova negativa. Altres casos, però, resisteixen qualsevol hipòtesis formulada, com en el periheli de Mercuri que finalment es va explicar en canviar la teoria per una altra. Així doncs, la variabilitat de situacions que es donen davant d'un experiment negatiu, doncs, ens mostra que es dóna algun tipus d'infradeterminació.

La quantitat de condicionants que apareixen –per posar un altre exemple– en els esforços que fem per identificar els efectes en el fenotip d'una determinada característica genètica pot ser tan gran que no permeti isolar-los de cap manera⁷. Es tracta només del grau de complicació? O hi ha algun element de base que ens aboca a aquesta incertesa?

Per la seva banda, Quine fa una proposta que, tal com dèiem, es fonamenta en la crítica a la distinció entre veritats analítiques i sintètiques. Certament, les segones no parteixen *exclusivament* de consideracions empíriques sinó que incorporen una sèrie d'implicacions provinents d'altres parts del nostre sistema de creences que podem considerar que tenen caracteritzacions analítiques. Per Quine, doncs, les hipòtesis suplementàries que esmentàvem anteriorment tenen un lligam mutu més fort de manera que un contrast negatiu pot ser assumit canviant alguns aspectes de les mateixes.

⁷ STANFORD(2013)

Hem de veure el nostre sistema de creences com un camp o una xarxa que només descansa en els seus límits sobre l'experiència. En cas que alguna dada entri en conflicte es fa una revisió del sistema que no porta a negar una proposició en particular. Es mira de corregir la xarxa provant de conservar la simplicitat, la familiaritat, el grau de comprensió, l'abast i fecunditat del sistema, la conformitat amb l'experiència, etc. i sempre tenint en compte criteris conservadors⁸.

La tesi Duhem-Quine

Quine fa referència a Duhem en proposar la seva visió de manera que és habitual referir-se a la mateixa com la tesi Duhem-Quine. Però si ens fixem en les intencions que tenen tots dos en proposar-les i l'abast que li concedeixen trobem que no es tracta exactament de la mateixa idea⁹.

Tal com hem indicat, la raó que empeny Quine a fer aquesta proposta es fonamenta en la seva crítica a la distinció entre judicis independents dels fets –els analítics– i els que s'hi fonamenten –els sintètics. Per als primers, doncs, la seva veritat depèn de la definició dels termes de manera que, en una mena de “reducció lògica” es pugui convertir en una mena de judici tautològic. Quine objecta que la veritat depèn tant de fets lingüístics com extralingüístics de manera que un judici pot ser fals tant pel fet que descriu una cosa que no s'ha produït com per un canvi en el significat dels seus termes. Altrament podríem trobar judicis sense contingut factual de manera que serien indefectiblement analítics.

Quine i Duhem entenen les lleis científiques de manera similar, tot acceptant que hi ha lleis que es poden considerar certes *per convenció* emulant el concepte analític esmentat i que hi ha d'altres que malgrat que es fonamentin en una successió de convencions hi hagi, en darrera instància, termes verificables i no només certs per definició.

Però el primer formula una tesi més forta que el francès per defensar-ho perquè arriba a àmbits que el darrer no cobreix. Així per exemple, mentre que Duhem es centra en l'activitat teòrica dins la física –perquè considera que tenen major simplicitat lògica¹⁰– l'altre fa extensiva aquesta situació a altres disciplines.

⁸ QUINE(1951) p.39 i s.

⁹ v. GILLIES(1993)

¹⁰ DUHEM(1962) p.180 i s.

Una altra diferència, rellevant, entre tots dos té a veure amb la mida del “grup” d’hipòtesis que entren en un contrast. Per Duhem és limitada i al·lega raons de “bon sentit” per a resoldre el problema d’indeterminació derivat de manera que tot i admetre que no hi ha una obligació lògica de considerar una hipòtesi com a rebutjada si entén que es pot triar amb criteris de raonabilitat. Quine, en canvi, considera que el dubte es pot estendre al conjunt del coneixement humà i és per això que considera que la unitat de significat empíric és el conjunt de la ciència¹¹. Es tracta, doncs, d’una tesi més forta i menys plausible.

La perspectiva de Quine, com veurem, és certament més problemàtica. Si ens referim, per un cas, als exemples donats no sembla que els nostres judicis sobre la biologia o la química estiguin gaire connectades a la nostra hipòtesi. Certament, un judici no té significat per si sol però no sembla que calgui estendre “la unitat de significació” al conjunt del nostre coneixement.

Però malgrat que un anàlisi dels elements al·legats per un i altre ens permeten veure que no es refereixen al mateix és possible fer-ne una síntesi en termes d’infradeterminació holística que és el que usualment es coneixem com a tesi Duhem-Quine.

Aquesta tesi presenta, en general, dos nivells d’interpretació. Una primera versió que s’aplica a nivell genuïnament holístic en entendre que qualsevol hipòtesi d’alt nivell teòric pateix d’infradeterminació empírica i una visió més restrictiva que entén que en una situació pràctica, el conjunt d’hipòtesis implicades no s’estén al conjunt del nostre coneixement sinó que podem restringir-lo a una col·lecció més acotada.¹²

Si és així, a què ens aboca l’acceptació d’aquesta tesi?

Aquesta qüestió –la interpretació de les conseqüències de la tesi Duhem-Quine– presenta diverses variables que hem de revisar.

En un àmbit limitat, la incertesa que deriva de la impossibilitat en saber quina és la hipòtesi errònia es pot entendre, de fet, com un repte pràctic per al disseny experimental i com una variable més del desenvolupament científic. En certa manera, és un condicionant més que permet identificar els bons professionals¹³.

¹¹ v. QUINE(1951) p.39

¹² v. GILLIES (1993), p.115

¹³ v. DUHEM (1962) p.216 i s.

Però hi ha altres casos que ens permeten pensar que aquesta derivada és insuficient. La qüestió aquí, de fet, és si més enllà de la traça que puguem tenir aquest és un problema resoluble. Efectivament, l'arrel del concepte d'infradeterminació resideix en el fet que les dades i fenòmens disponibles no són suficients per a assegurar-nos quines creences hem de mantenir i garantir-nos que siguin les úniques possibles per a explicar-los en contra de les perspectives que defensen, precisament, que les teories deriven de les dades empíriques, com ara el positivisme o l'empirisme lògic. És tracta d'una idea que abasta més del que ens ocupa ara per tal com la trobem, per exemple, en el fonament de l'adagi tradicional de "correlació no comporta causalitat" –com queda palès en els models fenomenològics revisats en la secció I– i, de fet, en la pràctica científica hi té una alta vinculació amb l'ús d'hipòtesis auxiliars per a prediccions.

Una interpretació més radical d'aquesta tesi permet, per altra banda, fer afirmacions que condueixen a un relativisme científic que es fonamenta en la insuficiència del mètode científic que suggereix aquesta visió de la infradeterminació.

Troblem que, en base a la tesi Duhem-Quine– hi ha qui afirma que no podem parlar de mètode científic o que aquest respon a una voluntat expressa dels seus practicants¹⁴, que el criteri de demarcació científic no es pot fonamentar exclusivament en el mètode¹⁵ o que es tracta d'una amenaça seriosa al realisme científic¹⁶

L'argument usual en contra d'aquestes al·legacions rau en el fet que es fan lectures suaus de la tesi per a extreure conclusions massa radicals¹⁷. Això és el que succeeix si algú pretén fer servir aquest argument per a defensar que es pot mantenir qualsevol hipòtesi siguin quin siguin els resultats experimentals.

De fet, coexisteixen diverses lectures del fenomen d'infradeterminació que permeten fonamentar-lo en determinats casos i exemples, per una banda, i treure'n conclusions que van més enllà per un altra.

¹⁴ V. FEYERABEND(1986), LAUDAN(1977) o LAKATOS (1970) p.188

¹⁵ V. KUHN(1975) cap.II o BLOOR(1981)

¹⁶ V. BOYD(1973) o NEWTON-SMITH i LUKES(1980)

¹⁷ V. LAUDAN(1990)

Així per exemple, les propostes relativistes que esmentàvem abans es fonamenten en la tesi d'infradeterminació, que podem denominar *igualitària*, que estableix que tota teoria es pot fonamentar igual de bé sobre les dades empíriques que tenim¹⁸. Així, dues teories rivals es podrien justificar independentment dels contrastos i experiments crucials que es plantegin. Això és el que vindria a dir que una hipòtesi es pot considerar veritable “passi el que passi”¹⁹. Per a fer-ho cal partir d'aquesta insuficiència del *modus tollens* que representa l'esforç en falsar una teoria però anant més enllà. Cal, davant d'una experiència negativa, reformular tota la xarxa teòrica per a salvar la nostra hipòtesi. Però com? Quine proposa alguns recursos, com ara el canvi radical del significat dels termes o fins i tot –opció que rebutja tot seguit– modificar el que considerem lògicament acceptable o parlar d'al·lucinació col·lectiva per acabar d'arribar a la proposta de modificar aspectes adjacents a la pròpia teoria.

Aquesta conclusió, però, resulta excessiva. Que la xarxa que representa la nostra conceptualització del món es corregeixi per a conciliar una experiència amb una hipòtesi no vol dir que una teoria –com a part de d'aquesta visió global– quedi intacta. De la proposta de Quine podem inferir que per salvar un determinat enunciat ho hem de fer modificant tota una col·lecció de la resta. I certament no es tractaran de les proposicions més allunyades sinó que presumiblement seran les que corresponen al conjunt teòric afectat.

Hem de dir, però, que la versió inicial de la perspectiva igualitària sembla que es decanta més aviat per defensar aquesta afirmació dins l'àmbit heurístic i que entén que la possibilitat de defensar qualsevol hipòtesi es dona a nivell psicològic, privat. Tot i així, cal veure si la crítica a aquests plantejaments no es fa des de l'acceptació de principis epistemològics que van més enllà de la deducció lògica de manera que hauríem d'integrar-los dins l'esmentada xarxa de Quine.

En tot cas, aquestes i altres crítiques²⁰ porten a pensar que resulta complicat defensar una visió tan “anàrquica” de les teories i la seva relació amb les dades empíriques de manera que podem proposar una lectura més moderada.

¹⁸ *Ibid.* p.272 i s.

¹⁹ QUINE(1951) p.40

²⁰ Per exemple, LAUDAN (1990)

En una versió més moderada, podem defensar una tesi de defensa que qualsevol conjunt de proves –finit, s’entén– pot ser verificat per un nombre indeterminat de teories²¹.

De fet, l’anàlisi de Quine permet defensar una altra tesi –si entenem ‘verificar’ de manera convenient– que podríem anomenar de *no unicitat*: per tota teoria amb un conjunt d’evidències que la suportin existeix com a mínim una altra igual de ben suportada. Segons aquesta perspectiva, i tal com ja apuntàvem, si podem acceptar una hipòtesi determinada introduint les modificacions pertinents el que obtenim és una nova teoria. Això ens aboca a la conclusió que, si bé no podem defensar que qualsevol proposta en quedaria justificada, si que tenim que hi ha més d’una teoria que es fonamenta en les dades disponibles. És a dir, per tota teoria suportada per un conjunt d’evidències en podem trobar com a mínim una altra que estigui igualment conciliada. Constatar que hi pot haver més d’una teoria compatible amb un conjunt d’observacions, però, no vol dir que ho pugui ser qualsevol.

Aquesta interpretació sembla més sòlida –i també menys radical– que la igualitària malgrat que cal especificar què volem dir quan parlem de conciliació amb les evidències. Certament, aquest terme es pot referir a una certa compatibilitat lògica, en tant que no entren en contradicció els enunciats sobre les observacions i la resta de proposicions de la teoria, o bé al fet que aquests enunciats en derivin, per deducció, del conjunt de judicis teòrics. És a dir, o bé entenem que hi ha més d’una teoria *compatible* en el sentit lògic amb les observacions o estem parlar de que en són deductivament implicades.

En rigor, és cert que una determinada teoria es pot fer lògicament compatible amb una experiència concreta si es modifiquen elements significatius de la seva trama –el que podríem anomenar *infradeterminació deductiva*²²– i que això ens porta a afirmar que el nombre de propostes deductivament compatibles amb les dades és indefinit. Però la tesi de no unicitat fa referència a que aquesta compatibilitat també es dóna si ampliem el conjunt de regles metodològiques més enllà de la lògica formal i hi incorporem altres criteris racionals.

²¹ Laudan, *Ibid.*, la denomina *Hipòtesi d’Infradeterminació Humeana* (HUD)

²² *Ibid* p.269

Infradeterminació contrastiva

La infradeterminació contrastiva precisament ens recorda això. Si acceptem la possibilitat que les dades observades serveixen per a refutar una hipòtesi concreta del nostre sistema, vol dir que ja hem d'acceptar la hipòtesi contrària, la seva negació? No es pot donar el cas que hi hagi una possibilitat alternativa a la confirmació o negació de l'assumpció formulada? Un cop acceptem que un contrast negatiu ens permet rebutjar una teoria –fins i tot en contra del que diu la holística– no podem afirmar que la teoria rival és certa perquè no podem tenir la seguretat que no existeixin altres teories fonamentades per igual en les dades empíriques recollides.

Fins i tot en el cas que poguéssim mostrar que totes les altres afirmacions dels sistema estan lògicament consolidades i que són determinades hipòtesis concretes i aïllades les que estan lligades a la confirmació experimental hem d'admetre que aquest experiment crucial no ens obliga a acceptar les propostes formulades com a les úniques opcions. En el cas de l'experiment que ens permet veure si la naturalesa de la llum és corpuscular, no es pot donar un cas alternatiu? Una tercera via que no passi ni per afirmar que la llum és corpuscular o ondulatoria? A diferència de les matemàtiques, en física no sembla tan clar que les dues opcions siguin mútuament excloents o que per cada hipòtesi la seva negació sigui òbvia²³. Estem parlant, és clar, de la consideració que les dades poden no ser suficients per a mostrar-nos quina opció és la correcta malgrat que ens puguin ajudar a rebutjar alguna opció concreta de manera que, si bé no pressuposa acceptar la tesi holística si ens porta a un nivell d'incertesa similar al de la proposta de no unicitat.

Certament, ens trobem que de manera lògica explicar les dades –*salvar els fenòmens*– no és suficient per a garantir amb solidesa les nostres creences en la mesura que les teories no en són deduïbles.

Hi ha, però, alguns matisos a fer. Per exemple, de quin conjunt d'observacions estem parlant? O també postulem això mateix per a qualsevol nombre de dades empíriques, incloses les futures? Què passa si el conjunt de punts és infinit?

La insuficiència de les dades per a determinar l'explicació de manera única és una qüestió que apareix de tant en tant en diversos ordres. Ho hem vist, per exemple, en parlar de models de dades. Sovint s'estableix un símil, una analogia, que ens mostra

²³ DUHEM (1962) p.189-190

com un conjunt finit de punts en un pla, com a imatge de les dades observades, no és suficient per a determinar una corba. L'exemple ens permet veure que, si en un entorn tan controlat com el matemàtic, aquesta indeterminació es dona, aleshores en l'àmbit de les observacions lligades a les ciències empíriques la situació ha de ser molt pitjor.

En principi un conjunt infinit de punts –hipòtesi només plausible en un àmbit formal– no representa cap diferència. Podem trobar diverses funcions que comparteixin qualsevol conjunt de punts donat si aquest no exhaurix tot el seu domini. Si imposem condicions addicionals com la continuïtat o la diferenciabilitat caldrà veure quin és el conjunt que ens ofereixen però les possibilitats són encara grans. Anàlogament podem dir que, malgrat establir condicions i principis metodològics, la unicitat no està garantida.

Es pot entendre que aquesta incertesa es refereixi a la determinació deductiva de les dades per part de les teories –emulant a la inversa el programa de l'empirisme lògic– el que ens permetria plantejar, com veurem, que sigui resoluble si considerem altres eines racionals que vagin més enllà sense recórrer a raons contextuais²⁴. Constatariem, doncs, el fet que les dades experimentals són insuficients per a la construcció formal i unívoca d'una explicació i no ens proposen una teoria que de manera natural i determinada tingui lloc als fenòmens observats.

Així doncs, la tesi Duhem-Quine permet diverses lectures i la que sembla més defensable –i que per nosaltres serà suficient– ens ve a dir que, fins i tot si apostem per una explicació teòrica que considerem derivada de les observacions aquesta sempre permet formular una alternativa si incorporem suficients modificacions, encara que siguin *a posteriori*. És a dir, la pròpia proposta teòrica que pugui resultar convenient ens pot servir com a base per a introduir modificacions que ens portin a una explicació clarament diferent.

Per altra banda, com hem vist, a la pràctica les dades experimentals no són els únics elements amb els que formulen una composició teòrica. Intervenien elements certament alternatius –que donen lloc a una variabilitat heurística i per tant que

²⁴ v. LAUDAN(1990)

descarten la possibilitat d'entendre que la teoria *s'ha deduït* de les observacions— com són els models.

Així doncs, el problema de la indeterminació contrastiva es tradueix en una discussió sobre l'existència de teories, o sistemes conceptuals, que siguin empíricament equivalents. Traslladem, doncs, la nostra discussió a aquest àmbit.

1.2 Equivalència empírica.

En principi, tota teoria a discutir ha de ser *compatible* amb les dades empíriques que puguem obtenir. Aquesta és —si més no en el sentit feble que comporta no afirmar que en deriva— una característica essencial d'una ciència experimental.

Definim dues teories com a empíricament equivalents si els fenòmens que poden explicar són els mateixos, encara que per fer-ho, òbviament, no fan servir, ni de fet poden, els mateixos conceptes ni eines teòriques.

En relació a aquest aspecte cal saber quina consideració ens mereix el problema de la confiança en les dades empíriques. És a dir, prèviament hauríem d'acordar si considerem fiables els procediments observacionals. No només degut a la clàssica afirmació sobre la seva fal·libilitat (o si de cas, en una versió contemporània, l'*aproximació* que comporten les nostres proves empíriques) sinó també per la naturalesa condicionadora de la teoria. La negació d'aquest postulat previ només ens pot conduir a l'idealisme o al escepticisme, totes dues postures amb una gran càrrega ideològica i que deixarem de banda.

Parlarem, doncs, de teories que expliquen, amb recursos diferents, els mateixos fenòmens. Podem dir que aquesta possibilitat és acceptable?

Contaminació teòrica de les dades

En la nostra discussió sobre infradeterminació hem passat per alt la discussió sobre el fet que els fenòmens s'expliquin de manera radicalment diferent segons les teories de manera que no podríem parlar de les mateixes observacions. Aquesta possibilitat és en el fons, també, de la tesi de Quine de que els teories puguin resistir qualsevol mena de prova. Es podia alterar el sentit dels termes que el sistema de creences aplicava per acomodar-lo als nous resultats. De manera recíproca, podríem

dir que tota perspectiva del món explica els fenòmens d'una manera determinada i ens podríem preguntar si no esdevenen intel·ligibles per a un altre sistema.

Podem afirmar que dues teories són equivalents, empíricament, si les dades estan impregnades de teoria? Donat que les dades de l'experiència estan fortament lligades a la teoria no sembla possible "llegir-les" fora d'aquesta. Com podríem, en aquest cas, afirmar que recolzen l'altra?

La discussió sobre infradeterminació eludeix el problema en plantejar-se partint de les observacions i plantejant-les com un contrast. Fins i tot, en la versió deductiva sembla que parlem d'un cert mecanisme *de baix a dalt* que ens permet parlar –i negar-ne la unicitat– de "deduir" teories a partir de les dades.

És un lloc comú en filosofia de la ciència que en observar el que anomenem fenòmens intervén una component teòrica tan important que, portat a l'extrem, podem dir que *s'obtenen coses diferents*. Els crítics de l'empirisme lògic, com Quine, ja constaten aquesta situació però és, portada a l'extrem, la tesi que trobem en les lectures més agosarades de la infradeterminació i que són la base de propostes com el programa fort de la història de la ciència o l'anarquisme metodològic i que, per altra banda, troba un altre suport en la tesi holística que hem descartat.

Per altra banda és possible defensar que els fenòmens, en ser observats, aporten suficient objectivitat com per que sigui possible considerar les dades empíriques obtingudes des de diferents paradigmes com a comparables. Afirmaríem, així, que aquests fenòmens són mútuament traduïbles en termes propis de cada sistema i que consegüentment podem establir criteris de contrast entre teories.

Els defensors de perspectives postmodernes o fins i tot idealistes poden, sense massa problema, establir un argumentari acceptablement *coherent* per a defensar que els fenòmens –entenen-los com a successos observables mútuament– són en realitat coses tan diferents que són incommensurables. Es podria negar, fins i tot, que els fenòmens existeixin per si sols.

En rebutjar les lectures més extremes de la tesi d'infradeterminació holística optem, de fet, per defugir aquest debat. Hi ha, per tant, un postulat metafísic de fons: que existeix una realitat en la mesura que acceptem que les fenòmens es donen més enllà de les nostres percepcions.

Així doncs, més que discutir si tenim més raons per a un cert realisme dels fenòmens que per a altres posicionaments podem dir que el que farem aquí és constatar un punt de partida. I aquest és que considerem més *plausible* defensar que captem l'experiència a partir de conjunts teòrics diferents però que no presenten una excessiva dificultat per “traduir-se”. És a dir, el que descriuen una i altra teoria són fenòmens comprensibles a partir d'assumir models ontològics diferents (el propi de cada teoria) però que acceptar l'altra –malgrat que pugui ser complicat per raons psicològiques individuals– no han de representar cap mena d'obstacle conceptual rellevant. En cas contrari, al cap i a la fi, l'hermenèutica seria només una actitud voluntariosa.

Diem, doncs, que una teoria és *empíricament acceptable* si es pot realitzar l'observació empírica dels fenòmens en els termes que proposa, tot assumint els models associats i els seus principis generals. Tenint en compte aquestes consideracions plantejarem, doncs, una definició i afirmarem que dues teories seran equivalents en termes empírics si tota observació explicada per una d'elles pot ser acceptada per l'altra en els seus propis termes.

Així doncs, fins i tot admetent objeccions al respecte, podrem definir un “espai comú” de dades experimentals apel·lant a una certa referència creuada. És a dir, malgrat que cada teoria faci servir conceptes i elements inconmensurables podem dir que expliquen els mateixos fenòmens si mútuament expliquen experiències donades. Aquesta possibilitat ha estat tractada amb detall a diversos textos i prenem el seus resultats com a suficients per a seguir en la nostra proposta²⁵.

Més formalment:

Donada una teoria A acceptable empíricament podem trobar una altra B que considerarem *equivalent* si

- a. Totes dues són confirmades *en el mateix grau* per l'evidència disponible.
- b. Cap d'elles no és falsada per cap evidència *disponible*.
- c. No hi ha cap evidència possible que suporti només una de les dues.
- d. Les dues teories impliquen l'existència de dos mons radicalment distints.

²⁵ v. RAY(1991) p.90-91 o GLYMOUR (1971)

Es tracta d'una definició força restrictiva que permet deixar fora algunes equivalències de fons. De fet, és possible arribar a la conclusió que no hi ha teories equivalents, tal com veurem més endavant si desenvolupem la primera de les condicions de manera adequada.

Tot i així també constatem que aquesta possibilitat tindrà les seves complicacions de manera que, ara per ara, acceptarem que estem davant d'una situació on dues explicacions del món amb elements teòrics diferents –que poden arribar a ser fins i tot incompatibles– i que corresponen o es fonamenten en les mateixes dades.

Per altra banda, aquesta definició exigeix també una distinció que s'ha mostrat conflictiva com és suposar una capacitat per diferenciar termes teòrics de dades empíriques. Una delimitació que sabem que ha estat rebatuda en nombroses ocasions de manera que ens afegeix un element de confusió en els termes de l'equivalència. De fet, la teoria és una condició prèvia per a l'obtenció de dades de manera que resulta difícil afirmar que ambdues es recolzen sobre la mateixa base empírica. Però cal saber quin és l'abast d'aquest condicionament. Per una banda podem defensar, des d'una modesta posició realista, que els fenòmens a observar són els mateixos de manera que es possible defensar un grau de traductibilitat que permeti comparar el grau de confirmació de les dues propostes. Negar això, ens portaria a les esmentades propostes anarquistes o relativistes.

Equivalència empírica feble o provisional.

La convergència empírica de dues teories en conflicte apareix sovint a processos històrics –alguns força documentats i de gran rellevància²⁶– que finalment es resolen a partir de noves experiències que permeten establir quina de les dues possibilitats és la que millor els explica. Aquest és, si més no, el relat del procés que acceptarem sense entrar a les objeccions i els matisos fets des de perspectives historicistes. Estem parlant de que, en la majoria de casos estudiats, l'equivalència entre teories és només una qüestió provisional. Això passa sobretot en les fases de desenvolupament de noves teories que pretenen explicar un camp de fenòmens desconegut fins el moment, com podria ser el cas del desenvolupament de les teories electromagnètiques del s.XIX o de les propostes que es feien per explicar els

²⁶ Òbviament a KUHN(1978) però també a LAKATOS(1993) cap. 4

fenòmens de radiació a principis del s.XX. No es tracta, en aquests casos, d'un veritable problema donat que respon més aviat a la escassetat de dades i de nous conceptes que permetin establir l'explicació teòrica definitiva. Es tractaria, doncs, d'una situació on es compleix temporalment al condició c. de la definició.

Altres casos plantegen més recorregut. Pel cas quàntic, ja esmentat en parlar de l'EPR, les versions en conflicte entre l'anomenada versió de Copenhagen i la de les variables ocultes ens permet veure amb un cert detall de quins elements es compon aquest tipus d'equivalència empírica.

En l'article on s'exposa l'experiment mental²⁷ la situació es planteja en termes d'equivalència empírica absoluta. Hi ha una oposició entre models ontològics que es considera irresoluble plantejant les corresponents limitacions epistemològiques. La publicació del teorema de Bell estableix un contrast que trenca amb aquesta equivalència, en primer lloc de manera hipotètica, però més endavant, en fer el contrast ja podem parlar d'una equivalència provisional.

De facto ambdues teories podien ser, encara, equivalents en la mesura que l'experiència proposada no s'hagués dut a terme però, donat que la proposta constituïa un contrast ja plantejava que no tenien el mateix fonament en base als fenòmens. És a dir, la possibilitat d'imaginar un experiment amb resultats empírics diferents ja podria constituir una prova d'equivalència feble. Amb la posterior realització experimental simplement es va poder saber quina de les dues era la que explicava els fenòmens disponibles.

Aquest exemple ens permet introduir dos qüestions certament interessants al respecte de l'equivalència. La primera és que, de fet, la provisionalitat de l'equivalència pot arribar fins i tot a teories que semblin impossibles de destriar. La pròpia proposta d'experiment mental EPR es fonamentava raonablement en l'assumpció que no hauria cap experiència real que pogués establir la realitat d'una o altra teoria.

Com podem veure, el concepte d'equivalència empírica provisional respon més a l'àmbit de la història de la ciència que al de la filosofia. Però imaginem, amb finalitats il·lustratives, que les desigualtats de Bell haguessin estat experimentalment

²⁷ EINSTEIN, PODOLSKY i ROSEN (1935)

irreproduïbles. Això en porta a una idea d'equivalència més filosòfica, més especulativa que permet fins i tot establir una certa graduació en aquest tipus d'equivalència.

La construcció de contrastos ja és per si sola una activitat complexa que es fonamenta en l'habilitat dels científics. Com és habitual en les argumentacions en termes negatius, l'absència d'una prova que permeti diferenciar entre propostes teòriques pateix d'una asimetria que complica les coses. La càrrega de la prova sempre recau en la refutació de manera que la provisionalitat sembla una situació inevitable.

Tot i així hem pogut veure com els experiments mentals ens permeten un accés als mecanismes que plantegen les propostes ontològiques en aquesta mena d'equivalència. Es tracten d'eines estimables a l'hora de plantejar la possibilitat d'equivalència i podríem dir que fins i tot són una eina potent per a oferir proves en relació a la classe d'equivalència més rellevant. Semblaria que la possibilitat de provar que les teories tenen una equivalència definitiva podria fonamentar-se en aquests elements. L'EPR, però, ens mostra com la pobra caracterització dels experiments mentals no ens permet ni tant sol establir si el tipus de prova que plantegen serà irrevocable.

Equivalència empírica forta.

Per parlar d'equivalència empírica forta haurem de distingir diverses possibilitats. Està clar que es tracta d'una situació que va més enllà del caràcter provisional de la categoria anterior però hem d'entendre que hi ha diverses possibilitats per a fer-ho. I, com ja hem vist, es fonamenta en la idea d'infradeterminació de les teories per les dades. Així trobem que, com declara Quine,

el que afirmo de la teoria física és que aquesta està infradeterminada per la totalitat d'aquestes veritats. La teoria pot variar *fins i tot si es troben fixades totes les observacions possibles*. Les teories físiques poden trobar-se enfrontades unes a les altres i malgrat tot ser compatibles amb la totalitat de les dades possibles, fins i tot en el sentit més ampli. En una paraula, poden ser lògicament incompatibles i empíricament equivalents.²⁸

²⁸ QUINE(1970) p. 179, la cursiva és pròpia.

Aquesta equivalència, però, es pot donar de dues maneres diferents. Podem trobar, per una banda, que dues teories fan servir mecanismes i recursos radicalment diferents per a explicar els fenòmens de manera que la identificació de la seva diferència resulta trivial. Es tracta de la lectura directa que podem fer del fragment de Quine. Per altra banda, es podria considerar que –en termes filosòfics– la diferència entre teories no es manifesta en termes d’incompatibilitat formal sinó que fa referència als termes ontològics.

Equivalència només empírica

En aquest cas, però, l’equivalència resulta difícil d’establir més enllà de la provisionalitat. Els casos històrics que hem esmentat presentaven característiques i principis generals radicalment diferents i durant un lapse variable de temps apareixen com a equivalents però ja hem constatat la seva provisionalitat. Es pot donar una situació que sigui definitiva?

Podem especular sobre alguns casos d’aquest tipus. Prenem l’exemple de Poincaré i la seva esfera, que presenta un cert grau de solidesa. Ens permet explicar des d’una perspectiva externa, omniscient, com es poden donar dues explicacions al mateix grup de fenòmens –en aquest cas distàncies i altres components que descriuen la geometria de l’entorn. Poincaré ens proposa per una banda una visió no-euclidiana de l’espai de l’esfera –el que defensarien els habitants de la mateixa– i per l’altra una consideració euclidiana combinada amb efectes mecànics sobre els elements de mesura –el que podríem mantenir nosaltres, observadors externs, del que succeeix a l’esfera.

La proposta de Poincaré, com ja hem vist, està orientada a altres objectius –defensar la seva proposta convencionalista en relació a l’esmentada geometria física– però ara ens fixarem en altres aspectes del seu relat com que, per exemple, les dues teories que es proposen per a explicar els fenòmens de mesura tenen un caràcter notablement diferent. No només en la seva apel·lació als elements que la componen –uns al caràcter intrínsec de la geometria espacial, els altres al comportament mecànic dels aparell de mesura i les condicions que el determinen– sinó que els mecanismes formals que han de fer servir uns i altres –les lleis, les fórmules, les justificacions acceptables– són clarament diferents. Per a conservar lleis del moviment i expressar-les en funció dels conceptes de recta, per exemple, hauríem de

modificar les equacions per adaptar-les als efectes que té la temperatura –en el nostre exemple– sobre els objectes, inclosos els instruments de mesura.

Però precisament en afectar aquests darrers resulta possible modificar els elements que designen de manera que les equacions acabessin sent les mateixes que en el cas d'una geometria no euclidiana.

Per les similituds amb el principi d'equivalència relativista –i donat que disposem d'equacions per a referir-nos– traslladem l'exemple a la teoria general de la relativitat. En aquest cas, la gravetat té un efecte similar al de la temperatura de l'esfera. Afecta el comportament de totes les partícules en moviment i dels instruments de mesura, inclòs els de temps. Si volem descriure el comportament cinemàtic conservant el caràcter euclidià de l'espai-temps haurem de fer retocs en l'equació d'Einstein –deixant al marge com hi haguéssim arribat– que li donarien un aspecte irreconeixible. També hauríem d'haver modificat els termes amb què descrivim els moviments i altres elements fonamentals de l'expressió de la teoria.

Però que passaria si, tal com ens permet una lectura alternativa del principi d'equivalència, haguéssim actuat *com si* es tractés d'un espai-temps no euclidà? Les conclusions serien les mateixes que les de la teoria general actual però partint d'una mena de traducció prèvia dels termes ontològics de partida.

Equivalència formal

És a dir, amb les correccions adequades, tenim la possibilitat de que les dues teories siguin diferents només en l'aparell conceptual, és a dir en els models ontològics, de manera que la seva traducció a lleis, formulacions matemàtiques i contrastos sigui equiparable. En una situació així, la formalització ens garanteix que les experiències obtingudes confirmaran per igual totes dues opcions.

Pensem, per exemple, en el cas de la geometrodinàmica de Wheeler que –malgrat materialitzar-se en equacions similars– postula una visió on l'univers es redueix ontològicament a espai-temps, considerant que la matèria és un cas particular de plegament.

Equivalentment trobem la idea de Reichenbach per a proposar una visió de relativista on espai-temps conserva el caràcter euclidià i és la presència d'una força,

expressió dels camps gravitatoris, la que explica perquè totes les mesures ens porten a la idea no-euclidiana.

Aquest tipus permet, en certa mesura, establir de manera formal l'equivalència entre les dues teories. Està clar que si dos propostes ontològiques es materialitzen en els mateixos càlculs, i per tant en les mateixes prediccions, tindran el mateix grau de confirmació empírica. I per tant ens permet parlar-ne sense patir per la provisionalitat.

Però, si el formalisme és el mateix, podem dir que les teories són diferents? Tal com ho hem expressat, i amb l'exemple relativista sembla clar, l'equivalència passa per un cert mecanisme de reducció de conceptes d'un model als de l'altre. Una mena de subordinació ontològica de les entitats fonamentals per a la descripció dels fenòmens.

Però hem vist, en parlar dels models ontològics, que des d'un punt de vista filosòfic hem d'admetre que són teories diferents. Malgrat tot es poden al·legar raons per a considerar-les la mateixa tal com veurem més endavant.

En atenció a aquesta idea podem plantejar-ho d'una altra manera. Considerem també que dues teories són fortament equivalents de manera empírica si no podem, ni tant sols, imaginar un experiment –exclosos els mentals– que les distingeixi. No es tracta de formular una situació que ontològicament sigui incompatible sinó d'imaginar de quina manera això podria ser “observable” en el sentit més ampli i vague que vulguem triar. Podríem dir que la història dels habitants de l'esfera ens permet explicar perquè les geometries es poden considerar equivalents i ens permet visualitzar dos teories d'aquest tipus que escapen a qualsevol experiència imaginada que les discrimini.

Per aquest concepte podem invocar l'exemple que trobem sobre la cosmologia clàssica i l'equivalència de dos universos, un que es mou, l'altre que no²⁹. Aquest i altres plantejaments també estan relacionats amb la clàssica qüestió al voltant de l'ontologia de l'espai-temps i el seu caràcter absolut o relacional on Leibnitz entenia que no es podia considerar absolut pel seu caràcter indiscernible³⁰.

²⁹ VAN FRAASSEN(1996) p. 72 i s.

³⁰ v. RADA(1980) o RAY(1991) p.107.

També el cas de l'experiment EPR ens permet veure a quin tipus d'experiment imaginable fem referència malgrat que la seva conclusió ens pot portar a pensar que es tracta, novament, d'un cas provisional. En principi la qüestió proposada tenia un caire ontològic que ens remetia a experiments mentals però les desigualtats de Bell van transformar-ho en una experiència més concreta, en un contrast. Aquestes podien haver estat tècnicament irrealitzables però tot i així està clar que pronosticava, en condicions determinades, resultats diferents que permetien "trencar" l'equivalència empírica de les dues propostes teòriques. És a dir, l'equivalència forta, en postular les mateixes observacions *disponibles* –ara o en el futur– pot donar a entendre que no hagi el mateixos resultats en experiències tècnicament inabastables.

El problema principal d'aquest tipus d'equivalència, tal com hem vist amb el cas de l'EPR, rau en el fet que no és fàcil garantir que aquesta situació no es provisional³¹. La pràctica científica ens mostra sovint com experiències que semblen irrealitzables poden, amb enginy i innovacions tècniques, esdevenir viables. Es van necessitar gairebé 30 anys perquè John Bell transformés la proposta de l'article d'Einstein, Podolsky i Rosen en una experiència realitzable i Alain Aspect va invertir gairebé 20 més en dur-la a terme però, finalment, el que semblava un experiment mental va esdevenir un contrast entre dues teories.

Sembla que la possibilitat que aparegui una experiència de contrast sempre és latent i per tant considerar la infradeterminació com a definitiva pot semblar precipitat. Lo desitjable seria poder mostrar que hi ha teories que, tot i ser mútuament excloents també són recíprocament consistents. És a dir, que des del propi formalisme es vegi la impossibilitat de contrastar-les. Això però, requereix que la condició prèvia que la teoria *es redueixi al formalisme* si més no a nivell d'expressió empírica i ja hem vist que els esforços de l'empirisme lògic en aquest sentit no han anat més enllà de teories simples i acotades.

Fins i tot si són matemàticament equivalents –un cas similar a l'equivalència entre formalismes– la interpretació de les formulacions passen per ser necessàriament

³¹ Aquesta és una de les objeccions que fan LAUDAN i LEPLIN(1991) p.452

diferents de manera que no tenim garantit que no aparegui una experiència futura que ens permeti discriminar-les³².

Algorismes per l'obtenció de teories equivalents.

Està clar que la possibilitat que tota teoria tingui una d'equivalent planteja seriosos inconvenients a les posicions realistes. Però per a considerar que es tracta d'un argument que representa un repte insuperable cal tenir clar quin tipus de teories podem considerar i quina versió del realisme sostenim.

Veurem que per tal que això passi —que el realisme es vegi compromès— cal que la proposta equivalent a tota teoria tingui alguna mena de contingut ontològic, que postuli entitats teòriques d'algun tipus, i, a la propera secció, que la tesi que volem mantenir tingui connotacions epistemològiques.

Habitualment, però, la discussió gira entorn a la possibilitat de trobar exemples determinats d'equivalència independentment del seu caràcter ontològic.

Ens podem enfrontar de diverses maneres a l'escassetat d'exemples: centrant-nos en l'estudi detallat dels casos disponibles. O mirant d'establir quins camps o tipus de teories són més vulnerables a l'existència de versions equivalents. Finalment, resulta llaminer mirar d'establir un algorisme general per a obtenir teories d'aquest tipus a partir de la “original”, malgrat que sembla que aquests algorismes, que per força s'han de fonamentar en característiques globals acabin establint alternatives fràgils.

Així, per exemple, trobem que donada una teoria qualsevol podem construir una altra de rival que afirmi les mateixes conseqüències empíriques però que estableixi que la primera teoria és falsa³³. O podríem, simplement, establir una teoria a partir de la primera triant, només, totes les afirmacions de tipus observacional que faci.

Aquestes i altres propostes que podríem considerar “parasitàries” tenen l'interès en el fet que ens proven que la possibilitat d'equivalència és sòlida però en articular-se en aspectes que tenen a veure, per exemple, en el caràcter artificial de les mateixes

³² LEPLIN(1997) p.153n

³³ V. VAN FRAASSEN(1985a)

no atenen als elements que ens ocupen³⁴. El debat gira al voltant del caràcter acceptablement teòric –la propietat de *teoricitat*³⁵– dels productes dels algorismes,

No obstant, destaquem que en podem extreure algunes conclusions interessants. Per exemple, la idea que l'equivalència entre teories “locals” es pot superar en fer consideracions de tipus auxiliar. Aquestes hipòtesis acompanyen, com a sistema de visió del món, les teories parcials que hem de contrastar i, en principi, en el cas de teories equivalents trobem que les han de confirmar per igual. Però si tenim en compte el caràcter històric de la ciència podem veure que aquestes suposicions auxiliars poden evolucionar de manera que aquelles teories que ara són suportades per igual per les dades científiques poden esdevenir diferents en un futur.

La solució a aquest i altres arguments similars –com la referència a un argument d'infradeterminació incompatible amb l'equivalència empírica³⁶– passa per incloure aquestes hipòtesis en la formulació teòrica de manera que gradualment –al llarg de la discussió– van esdevenint cada cop més teories globals.

Això condueix, per tant, a distingir entre infradeterminació d'una teoria i les seves conseqüències en teories equivalents i el holisme –com a doctrina sobre els contrastos d'hipòtesis científiques concretes³⁷.

La conclusió general sembla ser que no es pot afirmar de manera concloent que tota teoria té una proposta equivalent en el sentit fort i demostrar-ho més enllà de casos particulars. Tot i així, l'apel·lació a casos determinats no sembla que compregui que el concepte d'equivalència ens remet a sistemes de creences amplis, sinó a àmbits acotats que poden ser resolts en immersir-los en un context.

La remissió a contextos més generals planteja un recurs filosòficament raonable al problema de la distinció entre teories. En la mesura que una de les teories en conflicte es trobi inclosa en un altre de més general, tota dada empírica confirmarà les dues teories en conflicte i la global³⁸. Però fins i tot en casos on es reconeix que els models ontològics són significativament diferents l'equivalència en el formalisme no és fàcil d'establir. Així, en relació al nostre exemple sobre la naturalesa

³⁴ Per una discussió sobre el tema v. LAUDAN i LEPLIN(1991), HOFER i ROSENBERG(1994) i KUKLA(1996)

³⁵ KUKLA(1996) p.146

³⁶ v. LEPLIN(1997) o KUKLA(1996) p.144 i s.

³⁷ HOFER i ROSENBERG(1994)

³⁸ v. LAUDAN i LEPLIN(1991) p. 464

espaciotemporal, partint d'una consideració euclidiana hauríem de passar per una consideració relacionista per arribar al formalisme equivalent. Però les propostes relacionistes encara tenen dificultats per arribar als mateixos resultats formals que les substancialistes de manera que aquesta equivalència empírica no està garantida³⁹.

Cal dir, a més, que la teoria equivalent que es proposi alternativament a la que podríem anomenar *canònica* pot variar amb el temps. El fet que una alternativa que semblava equivalent es demostrés més endavant que no ho és no demostra de manera automàtica que no existeix una altra proposta que expliqui els mateixos fenòmens. Al cap i a la fi, la tesi d'infradeterminació exposa la possibilitat que hi hagi una col·lecció de teories equivalents. Les raons històriques que porten a imaginar que és una situació provisional també ens poden convidar a pensar que la nostra tria no ha estat l'única possible.

Hem de considerar que les raons contextuais per a sospitar que les teories tinguin alguna proposta equivalent no es limiten només al seu caràcter provisional. La dificultat de trobar una alternativa que expliqui igualment els fenòmens, i l'absurditat que pugui semblar, no convida a invertir gaires esforços en aquest sentit.

La idea que, donat un conjunt de dades finit, els científics han de ser capaços de proposar com a mínim un model teòric del procés a caracteritzar els transfereix en certa manera la responsabilitat d'aplicar un criteri que dissolgui el problema.. En alguns casos, poden arribar a proposar-ne dos o tres alternatives de manera que es desenvolupen grups rivals amb tesis que equivalents. Podem imaginar que els trien d'entre un conjunt enorme de possibilitats però el cert és que es tracta només d'un nombre escàs de candidats⁴⁰ i fins i tot en casos així no tenim en compte ni els criteris heurístics que afecten els processos de construcció teòrica ni els sociològics que hi influeixen.

Els científics són éssers humans amb interessos, actualment sobretot de tipus professional, que condicionen fortament la seva activitat. Algú que volgués trobar una alternativa empíricament equivalent d'una teoria consolidada no tindrà gaires incentius per a fer-ho, sinó es dona el cas que la nova proposta presenti avantatges, normalment heurístics, incontestables. Si bé no ens referim a disciplines formals, el

³⁹ v. FIELD (1980) p.35, també a la secció II.3.2

⁴⁰ GIERE(1985) p.86 i s.

cas de l'anàlisi no-estandard d'Abraham Robinson ens pot servir per entendre de què estem parlant. Sembla clar que l'anàlisi matemàtica fonamentada en nombres infinitesimals té les mateixes capacitats i aplicacions que la teoria clàssica. Això garanteix l'equivalència, però no convida a invertir-hi esforços per a desenvolupar-la. També sembla que fou el que va portar els quaternions de Hamilton a l'obsolescència o el cas de la geometrodinàmica de Wheeler. Fins i tot es pot donar que es triï una teoria per la seva facilitat de transmissió i d'aprenentatge o perquè té millor accés a fonts de finançament⁴¹.

En tot cas, malgrat que podem oferir raons de pes per explicar l'absència d'alternatives ontològiques a les teories consolidades està clar que li pertoca a qui defensa la seva existència de mostrar que això succeeix.

Malgrat que les rèpliques i crítiques no han estat prou definitives per a descartar l'existència de teories equivalents per a qualsevol donada podríem dir que la càrrega de la prova recau en qui n'afirma l'existència de manera que podríem ignorar la possibilitat d'infradeterminació fins que no aparegui una teoria efectivament i provadament equivalent. Altrament, no tenim raons per a pensar que l'explicació disponible no és l'única. Els algorismes, però, ja ens ofereixen casos que, fins i tot si els trobem poc solvents, ens empenyen a considerar que es tracta d'una amenaça seriosa⁴². Tot i així, fora molt millor a efectes de prova oferir exemples indiscutiblement sòlids que podem admetre que no abunden.

Les propostes que treballen acuradament sobre una teoria concreta sembla que tinguin més capacitat de presentar alternatives serioses, tot i que, com és habitual quan la discussió s'estén, correm el risc de partir d'atribucions excessives a la teoria original. És més, es pot considerar que no n'hi ha prou amb aquests casos per a treure conclusions excessives –com ara lectures antirealistes– perquè sempre hi ha marge a una lectura en termes d'equivalència provisional, i més considerant que a l'hora d'establir que ambdues teories parlen dels mateixos fenòmens cal fer una sèrie d'assumpcions auxiliars –per exemple en relació a la possibilitat de *comparar* les dades– que compliquen la qüestió⁴³.

⁴¹ V. KUKLA(1996) p.154 i s.

⁴² Kukla considera, per exemple, que ja és suficient. *Ibid.* p.162

⁴³ V. LEPLIN(1997) cap.6

Una lectura d'equivalència que es fonamenta sobre el mateix formalisme partint de models diferents –per altra banda– pot semblar una opció prometedora per evitar algunes d'aquestes crítiques. Al cap i a la fi, en el debat sobre la possibilitat de construir teories equivalents a través d'algorismes podem constatar com intervenen contínuament judicis sobre el caràcter més simple d'una teoria, sobre la seva plausibilitat o altres condicions similars que hem d'entendre que tenen un biaix considerablement metafísic. És just, doncs, que si els elements que van més enllà de l'experiència prenen un paper en l'elecció entre teories s'estudiï si intervenen, també, en la construcció d'alternatives teòriques.

Aquesta proposta, però, té també alguns inconvenients que analitzarem a continuació.

2. ELS MODELS ONTOLÒGICS EN TEORIES EQUIVALENTS.

En imaginar les situacions que ens proposen Poincaré, la relativitat general o l'EPR observem que l'objectiu no és certament proposar-nos una experiència que discrimini entre dues teories equivalents sinó que busca visualitzar quina mena de model ontològic hi ha al darrere.

En constatar l'equivalència empírica la idea de representació, en ser l'única que sembla operativa per a explicar la relació entre el model i fenòmens, ens aboca a la incapacitat d'obtenir un sol model ontològic. Això vol dir que *la representació del que existeix no és única*.

En el cas de l'esfera de Poincaré aquesta pretensió resulta més evident, donat que la proposta explícita recau en el fet que tots dos models ontològics proposen una explicació a les observacions fetes. La incapacitat de les teories de mostrar el model ontològic “natural” que vindria donat pels fenòmens permet visualitzar la impossibilitat de apel·lar a un realisme ontològic que vagi més enllà de la taxonomia empírica.

Pel cas quàntic, però, observem que hi ha sobretot una interpel·lació a les implicacions filosòfiques d'un i altre model de manera que ens veiem forçats a triar en funció de requeriments metafísics sobre el món.

Tots dos casos, però, ens confronten amb l'absència de criteris empírics, encara que sigui de manera provisional, per a la tria entre models confrontats. Això ens remet a un convencionalisme ontològic, és a dir a la idea que les nostres raons per a triar entre models són es remetent a la conveniència i la comoditat.

Aquesta lectura del convencionalisme, raonable però certament extrema, ens permet replicar amb l'aplicació de criteris racionals externs –a priori, metafísics– de manera que es pugui evitar la sensació d'arbitrarietat derivada de la noció de conveniència.

Es tracta, però, d'una lectura que no li fa justícia i cal recordar que, siguin quines siguin les raons per a considerar més convenient un model que un altre, seguim sense garanties que ens remetin al veritablement existent.

Cal, doncs, revisar les opcions que tenim per a construir un relat ontològic que escapi de l'agnosticisme a on sembla que ens trobem.

Parem atenció un moment a un dels criteris desenvolupats anteriorment. Tal com hem vist podem obviar el suposat conflicte si considerem que en realitat estem davant d'expressions diferents de la mateixa teoria. Aquesta perspectiva, però, té una traducció en termes ontològics que pot resultar conflictiva. Podem, però, començar per negar que es tractin de models incompatibles i obrir la porta, per exemple, a al·legacions de tipus reductiu, és a dir a considerar que ha estat expressada en termes diferents. Aconseguiríem, per tant, negar la possibilitat d'una equivalència empírica o constatar que ambdues són expressions d'una altra més fonamental.

2.1 Identitat subjacent

Sota aquesta expressió hi podem trobar diverses maneres d'afrontar-nos per la via de la negació al problema de l'equivalència empírica. Es tracten de diverses possibilitats que obren la porta a la negació del problema. Com veurem no tenen ni la mateixa solidesa ni interpreten de la mateixa manera el caràcter de les ontologies associades.

En primer lloc podríem considerar que, donat que la veracitat de les proposicions d'una teoria es fonamenta en l'experiència. Es tracta de la tesi clàssica de l'empirisme que declara que només tenen sentit les proposicions confirmades empíricament. I

donat que aquesta és la mateixa per les dues possibilitats, en realitat ens trobem davant de la mateixa teoria. És a dir, declarariem que les dues teories són expressions del mateix a partir de la convicció que tot terme teòric ha de ser reductible a les seves conseqüències empíriques. Les diferències serien d'un ordre similar a les que trobem en explicar el mateix fet en idiomes diferents.

Per fer aquesta lectura, però, cal entendre que el contingut semàntic de les proposicions teòriques deriva exclusivament d'aquestes conseqüències observables. Però sovint el significat de les proposicions no deriva de les seves implicacions empíriques sinó que ho fa dels termes que pugui incloure. Els termes són els dipositaris del contingut ontològic, no les proposicions. Si de cas aquestes constitueixen la xarxa de la que traiem el significat dels primers.

Si plantegem la separació entre termes teòrics i experimentals i l'equivalència entre teories a nivell empíric cal veure si els termes teòrics es defineixen d'una manera similar. Per fer-ho caldria recórrer a definicions coordinatives que expressin com un terme teòric ve a substituir un determinat conjunt d'observables o bé enunciar la proposició com si es tractés d'un enunciat de Ramsey.

Però no és obvi que puguem definir el vocabulari teòric a partir, només, dels termes observacionals. Fins i tot si apel·lem a mecanismes com les sentències de Ramsey – en transformar, per exemple, *x està carregat elèctricament* en *x té la propietat F* – la variable fa referència a algun element del model ontològic⁴⁴.

Altrament, quin tipus d'existència tenen els termes reduïts? Està clar que en no tenir una contrapartida empírica directa no tenim una garantia acceptable d'existència.

Podem, per exemple, considerar-les ficcions útils. O no tan útils si el que proporcionen són raons per a la confusió. Donat el caràcter subsidiari dels elements teòrics en aquesta identificació entre dades experimentals i explicació del món, no està clar que els pressuposem com a entitats reals. Més aviat els podríem considerar elements substituïbles com a mínim nivell lingüístic i probablement també conceptual.

Per tant, és possible que el model ontològic sigui encara un *mal necessari*, en la mesura que resulta inevitable. Si aquest és el cas, el que defensaria aquesta posició

⁴⁴ v. SKLAR(1977) p.139

reductora és molt similar a una tesi convencional. És a dir, *qualsevol model vàlid seria fenomenològic*.

Acceptem, a efecte de l'argumentació, que la substitució formal és viable. I mirem, ara, de tractar les entitats del model com a ficcions útils, prescindibles a nivell conceptual. En aquest cas, dues propostes empíricament equivalents es podrien reduir a proposicions sobre els fenòmens observables que constitueixen el fonament de la seva identificació. Aquest conjunt d'enunciats constituïrien, al seu torn, una mena de teoria que seria òbviament equivalent i que tindria la virtut d'estalviar-nos conceptes confusos. Ens trobaríem, doncs, davant d'una teoria reduïda que es limitaria a fer-ne una enumeració d'esdeveniments o –en el millor del casos– una taxonomia. Negant tot allò que s'escapa de l'experiència –electró, gen– en tant que ficció, obtindríem la teoria més clara possible.

Aquesta tesi pressuposa que no hi ha contaminació teòrica de les dades observades. Però les propostes ontològiques empíricament equivalents que puguem fer plantegen les seves observacions cadascuna en funció de les entitats pròpies. De quina manera es podrien enunciar en la teoria reduïda? En quins termes?

En aquest sentit, per exemple, si comparem la visió no euclidiana de la gravitació amb la euclidiana no ens podem preguntar què ha canviat –quines entitats teòriques– donat que hauríem d'assumir que no hi ha canvi. Però per expressar els fenòmens de manera neutra, quins termes hauríem de fer servir?

Així doncs, encara que les implicacions de l'anulació dels termes ontològics ens semblin excessives el que no podem ignorar és que ens ofereixen una lliçó fonamental respecte el tractament de les propostes empíricament equivalents. Ens recorden que les entitats postulades pel model ontològic associat a una versió teòrica corren el perill sempre de ser *ficcions* i que només consideracions de tipus metafísic ens porten a confiar en el seu caràcter objectiu.

Per tant, sigui quina sigui la nostra opinió sobre aquests termes –sobre els elements del model ontològic– podríem de considerar preferible el model que està més directament vinculat a dades observables, si és viable.

Podem fonamentar, alternativament, la identitat de les nostres teories equivalents en una perspectiva diferent i acceptar que els termes dels models ontològics tenen alguna mena de realitat. En un cas així, les diferències que observem entre ells serien només *aparents*.

Així, podríem entendre, per exemple, que les dues teories geomètriques espaciotemporals són igualment acceptables per descriure el món i per tant veure l'opció la versió no euclidiana com a més pràctica. De manera que ens trobaríem, novament, fent una lectura convencionalista restringida a termes operatius, a diferència de la versió més forta, que entén les teories com a diferents i de ontològicament incompatibles.

Tenim dues opcions per explicar aquesta aparença. O bé entenem que un dels models es reductible a l'altre –no només en termes lògics, sinó també en termes ontològics– o optem per la possibilitat que tots dos models siguin l'expressió d'un altre de més fonamental.

Reducció mútua

Els esforços de la visió sintàctica ens han deixat diversos intents per la reducció de termes teòrics a d'altres de més propers a l'observació. Aquestes tècniques es poden adaptar per a reduir-ne termes d'un model a un altre.

Aquestes reduccions les podem trobar, per exemple, en les proves de consistència mútua entre geometries⁴⁵ o en les diverses formulacions de la mecànica quàntica. Més enllà dels matisos possibles podem veure les formulacions de Heisenberg i Schrödinger com a *representacions alternatives* de la mateixa teoria i de la mateixa realitat. Així, els conceptes d'*estat* i d'*observable* no són accessibles a l'experiència i per tant constitueixen elements propis de la teoria. Una versió considera que un és variable en funció del temps i l'altre fixe i l'altra treballa amb la consideració inversa. Això no vol dir que altres versions de la mecànica quàntica siguin tan fàcils d'establir com a representacions de la mateixa teoria donat que, com dèiem, no sempre és trivial destriar conceptes teòrics de dades experimentals⁴⁶.

⁴⁵ v. HILBERT i COHN-VOSSEN (1952) p.243 i s.

⁴⁶ v. SKLAR (1977) p. 144 i s.

Ens trobem, però, amb dos problemes. Per una banda, aquestes reduccions són exemples de formulacions formals i nosaltres estem parlant d'una reducció entre ontologies. No es tracta, doncs, de la mateixa situació.

Per altra banda, si es tractés d'una reducció en un sentit, podem considerar el model reductor com el veritable i l'altre com una construcció de nivell superior amb els avantatges que pugui tenir. però si la reducció és mútua, sembla que ens empeny a considerar-les igualment substituïbles, i per tant apareixen com a ficcions útils però sense desvetllar-nos la veritable naturalesa de les entitats que hi ha al darrera. Ens trobem, per tant, davant d'una possible anul·lació ontològica.

Reducció a un fonament comú

Hi ha la possibilitat que la reciprocitat en la reducció sigui causada perquè es tracten de dos models que són expressions derivades d'un altre model més fonamental, en una mena de reducció a una teoria que no entra en l'equivalència plantejada.

Aquesta reducció pot ser coneguda però el més habitual és que es tracti d'una petició a futur. És a dir, es confia que la incompatibilitat de les teories equivalents es resolgui amb una teoria reductora que apareixerà en el futur.

La conseqüència és que podem optar per no considerar cap model seriosament en tant que expressions d'un altre que es percebrà com el veritable. Els models en conflicte, doncs, es limiten a estructurar les observacions sense donar a entendre de què som davant.

A banda de les objeccions habituals que puguem fer a la renúncia explicativa està clar que es tracta d'una mena d'aposta de futur. Una mena de *suspensió del judici* a l'espera de temps millors. Però també hem d'admetre que no es tracta d'una possibilitat absurda donat que ja hem vist per una banda que el caràcter provisional de l'equivalència també és una possibilitat seriosa. Es tracta, en tot cas, d'una declaració optimista de la nostra confiança en el coneixement humà que ens recorda un cert comportament cartesià.

Aquesta és, en certa manera, una posició agnòstica que en una versió més definitiva ens empeny a admetre que no podem negar l'existència de les entitats que designen les teories però que hem de reconèixer que no té sentit parlar-ne, en no

saber si són les que la teoria estableix. És a dir, tampoc en podem parlar en termes positius.

Veiem, doncs, que les posicions fonamentades en la possibilitat d'una identitat teòrica ens porten, per una banda, a un cert escepticisme, i, per l'altra, a una renúncia del realisme en tant que ens obliga a acceptar qualsevol entitat proposada per un model ontològic compatible amb l'experiència.

Hem vist, però, que des del punt de vista filosòfic hem de considerar les teories com la conjunció dels formalismes amb la seva atribució ontològica. Deixar de banda aquest model –postergar la seva declaració– ens deixa incompleta la formulació teòrica.

En el cas de la substancialitat de l'espai-temps veiem que l'equivalència resultava encara incompleta. Però en el cas que s'arribés a formalitzar definitivament, la polèmica oberta entre substancialistes i relacionistes ens mostraria com la possibilitat que qualsevol situació d'equivalència ens parli de la mateixa teoria no resulta sostenible.

Acceptem, doncs –provisionalment, si es vol– que els models ontològics diferents comporten teories diferents. En què queda el nostre coneixement de les entitats que designen? Podem mantenir supòsits realistes al respecte?

2.2 Realisme

Podem admetre, de fet, que el realisme és un punt de vista construït sobre peticions de principi i que, per tant, pateix d'una manca d'esperit crític del tot insatisfactòria. Ens permet, però, rebutjar que les teories equivalents són –com hem vist abans– versions de la mateixa concepció del món però haurem de resoldre el problema de l'equivalència entre teories que considerem incompatibles.

El primer que podem dir en aquest sentit és que cal parlar d'incompatibilitat a nivell ontològic i que després es tradueix a l'àmbit teòric. Això ens porta a afirmar que allò que pertany a l'àmbit de lo inobservable ha de ser entès com a *existent d'alguna manera*.

Habitualment, la idea de la infradeterminació teòrica –i la subsegüent constatació que les teories poden ser empíricament equivalents– ha estat un argument contra el

realisme científic. Els defensors d'aquest han hagut de revisar aquesta premissa i ens ofereixen bona part dels arguments que hem vist en contra. Malgrat això, hem d'admetre que algunes d'aquestes raons no desarmen definitivament la constatació que les dades empíriques no determinen unívocament una teoria. Si bé les teories equivalents poden discrepar principalment en la seva construcció ontològica i per tant no tenir efectes decisius per a l'activitat científica quotidiana, és clar que des d'una perspectiva filosòfica no ho podem ignorar.

Si l'equivalència empírica és una possibilitat seriosa tenim el problema que no sabem a propòsit de quines entitats hem de ser realistes⁴⁷. Així doncs, si acceptem que hi ha efectivament casos on disposem de teories empíricament equivalents en el sentit fort, hem de renunciar al realisme?

No necessàriament, i sobretot no a tota visió realista. Podem veure que hi ha una versió que, pel sol fet de parlar d'equivalència, ja acceptem com a vàlid.

De quina formulació estem parlant? Està clar que no es tracta d'una posició ingènua que es limiti a declarar la certesa –ni que sigui provisional– d'allò que diu una teoria. Podríem dir, per ser més precisos, que en la tesi realista hi podem trobar tot una sèrie d'afirmacions diferents.

En primer lloc, que hi ha un món exterior, independentment de les nostres percepcions sensorials.

Que el món conté entitats i processos radicalment diferents d'aquells que es mostren a la percepció.

Que podem, d'alguna manera, arribar a un cert grau de coneixement d'aquest món exterior encara que mai no arribi a ser absolut.

Que la ciència és la temptativa més legítima per part dels humans d'entendre l'estructura d'aquest món exterior tant en el seu aspecte general com en les seves complexitats i detalls en la mesura que ens permet transcendir la nostra experiència sensorial i explicar-la.

I, finalment, que els científics fan aquesta tasca desenvolupant teories, que postulen al seu torn *entitats teòriques* amb l'esperança d'arribar a establir tan fidelment

⁴⁷ v. LEPLIN(1997) p.250

com es pugui la correspondència entre les entitats teòriques i els objectes del món exterior objectiu.

Tipologies del realisme

Aquestes tesis són defensades, per separat, per un conjunt ampli de teòrics de la ciència més enllà dels realistes. Majoritàriament, per exemple, acceptem que l'activitat científica s'ajusta a la darrera condició *intencionalment*. Cap científic considera que la ciència inventa ficcions de manera voluntària i conscient ni vol explicar el món creant entitats que sap que no tenen la seva contrapartida real. Això no vol dir que aquestes entitats purament conceptuals no tinguin el seu paper en el desenvolupament teòric ni tampoc que aquelles que es postulen com a fonamentades en objectes del món exterior siguin efectivament reals. És aquí on trobem discrepàncies. Així un idealista, per exemple, no negaria que la ciència es fonamenti en els cinc preceptes anteriors. El que posaria en dubte és que es donin, ni tant sols el primer. Però el realisme sí les considera, ni que sigui de manera aproximada i provisional.

L'acceptació d'un subconjunt d'aquests punts ens remet a altres posicions cognitives. Així, el sentit comú acceptaria la primera condició però no la segona donat que implicaria que la percepció no seria immediata i no ens mostraria tot el que hi ha.

El pensament kantian, en canvi, malgrat que acceptaria que la ciència és una temptativa legítima d'obtenir coneixement –fins i tot la més legítima– no acceptaria que transcendir les nostres percepcions fos suficient per arribar a les coses-en-si són inaccessibles i per tant de naturalesa ens seguiria sent desconeguda.

La darreres –l'última com a corol·lari de l'anterior– deixarien fora els escèptics i a tothom que considera que hi ha formes de coneixement immediat i alternatiu que ens acosten a la naturalesa de les coses. Podríem excloure, així, la metafísica i la fenomenologia donat que aquí podem considerar només el que serien les ciències “canòniques” com podrien ser la física, la química o la biologia.

Si bé podem trobar *realistes dogmàtics* que sostinguin totes cinc condicions de manera absoluta hem d'admetre altres opcions que tenen en compte l'evolució de les ciències. Som conscients de la història, de que el que s'ha dit seguint teories

obsoletes és fins i tot contradictori amb les visions actuals i que per tant això pot tornar a passar. El fet que les teories han variat històricament i han prescrit l'existència d'entitats que després s'han descartat és un obstacle considerable per a la defensa sincera del realisme. Si fins el s. XVII es defensava l'existència del flogist, o fins el s. XIX el de l'èter (totes dues entitats necessàries a nivell teòric malgrat que, retrospectivament, no en teníem percepció), i si es considerava que la gravetat era una força que actuava instantàniament i a distància, com es pot defensar que el que es considera actualment com a real ho és?

Però, encara que la ciència postuli entitats noves i per tant parli actualment d'algunes que es considerin en un futur inexistents, els realistes entenen que una teoria en certa manera està parlant –mira de parlar– de coses reals. Si no ho són totes, la teoria haurà de ser millorada, però algunes quedaran com a tals. El fet que no sabem quines i que no puguem dir que ja hem descrit el que hi ha, mostra només els nostres problemes epistemològics però no desmereix la concepció ontològica realista. Aquest seria un *realisme hipotètic*.

Malgrat tot, el més significatiu per al nostre interès en relació a les hipòtesis plantejades és el fet que podem trobar dos àmbits clarament diferents sobre els que treballa. En efecte, podem observar clarament com els postulats realistes fan referència a dos aspectes diferents que ens permeten fer-ne una graduació rellevant. La primera hipòtesi és clarament ontològica, ens parlar del que existeix i de com existeix. La resta són condicions cognitives, manifesten conviccions en relació a les nostres capacitats epistemològiques.

Realisme ontològic i epistemològic

En conseqüència cal que fem una distinció en aquests termes que ens permet, fins i tot, distingir-ne tres nivells⁴⁸.

El metafísic, que afirma que el món té una estructura natural definida i independent de la ment, faria referència a la primera hipòtesi.

El semàntic, en tant que entén les teories com a descripcions veritables del seu domini, tant observable com a no observable ens parla d'aquestes entitats que van més enllà de la percepció i de la capacitat de la ciència per arribar-hi. Les afirmacions

⁴⁸ V. PSILLOS(1999) p.XIX

teòriques, per tant, no són reductibles a observables ni són instruments per a establir connexions entre aquestes. Els termes teòrics tenen una referència efectiva. Si una teoria és certa les entitats postulades que no són observables són presents al món.

L'epistèmic, que en tant que considera que les teories consolidades i efectives estan confirmades com aproximacions a la veritat del món, ens parla d'una convicció de l'èxit en l'activitat científica. Èxit que s'estén a les entitats que hi apareixen, o en tot cas, a d'altres de prou similars.

Els darrers nivells, estan fortament relacionats, és clar malgrat que les diferències són també significatives. L'afirmació que la ciència s'acosta a la descripció del món que defensa el realisme epistèmic és independent del fet que els elements que faci servir en les seves explicacions siguin considerats reals –com fa el semàntic– i així es pot constatar amb propostes com l'instrumentalisme o l'empirisme reductiu que atorga a les entitats teòriques un estatut ontològic que va des del simple mecanisme mnemotècnic a la condició de derivat reductible de les dades empíriques⁴⁹.

Però per altra banda, està clar que sense la convicció que la teoria ens acosta a la realitat resulta complicat acceptar l'existència de les entitats que la componen. Les postures escèptiques –o agnòstiques– no només mantenen que allò que la ciència afirma no es pot contrastar sinó que –sobretot– ens mostren que el que la teoria ens ofereix com a explicació –en particular els seu model ontològic– no té cap garantia de ser real.

Aquesta connexió entre els darrers postulats ens permet –malgrat la falta de precisió que ens pugui derivar– fer una proposta simplificada de realisme que sigui suficient per al nostre objectiu.

Així doncs resulta més clarificador acollir-se a una visió del realisme articulada a partir de dos principis: la condició d'independència –que enuncia que el món existeix al marge de nosaltres– i la d'accessibilitat –que ens assegura que es donen les condicions per al nostre coneixement d'aquest món⁵⁰.

És clar que la segona condició descansa sobre al primera però que aquesta té un grau d'independència que ens pot resultar útil en el nostre anàlisi.

⁴⁹ *Ibid.* Cap 1 i 2.

⁵⁰ Similars als termes *realisme abstracte* i *concret* que trobem a KUKLA(1996) p.137

Podríem dir que enunciant el principi d'independència estem formulant un *realisme ontològic* que ens distingeix d'opcions lògicament consistents però difícilment acceptables en ciència com fora l'idealisme.

Es tracta d'un principi que esdevé la condició mínima de tot realisme⁵¹ i resulta més robust a les crítiques que qualsevol altre supòsit. Malgrat les objeccions hem de considerar irrenunciable aquest postulat per als nostres interessos.

El principi d'accessibilitat, per altra banda, constitueix el fonament d'un realisme epistemològic, que fora el dipositari dels dos nivells –semàntic i epistèmic– esmentats abans. Resulta més conflictiu i enllaça de manera directa amb els resultats obtinguts en el nostre anàlisi de l'equivalència empírica.

Efectivament, la possibilitat que no es pugui resoldre les distincions ontològiques entre dues teories igualment confirmades per l'experiència sosca la possibilitat del nostre coneixement al respecte.

Certament podríem observar que, si més no, el realisme epistemològic es presenta *com a postulat regulador*. Des del punt de vista heurístic resulta necessària la consideració objectiva de les entitats que tractem en ciència si volem orientar-nos en la recerca. Fins i tot des d'un punt de vista psicològic un científic necessita percebre la seva activitat com alguna cosa més que un joc conceptual.

Però el que un realista defensa és que aquests supòsits no són només una guia per a la pràctica científica sinó que es donen *de facto*. Així, fins que no ens trobem alguna altra que ens provi el contrari, hem d'entendre que el que descriu una teoria és real. De fet, bé podria passar que la nostra teoria, encara que s'hagués de completar, fos la definitiva.

Malgrat que davant d'una interpel·lació directa tothom ho negaria, sembla patent que aquesta idea que la ciència ha arribat a donar-nos observacions definitives (no sabem quines, però) és una convicció subjacent. Podem, per exemple, jugar a imaginar que futures teories negaran la teoria de la relativitat (encara que no les proves empíriques que la fonamenten) però probablement el que s'espera és que només empleni el buit de comprensió que encara trobem en la seva descripció de l'univers, potser en termes de reducció.

⁵¹ v. PSILLOS(1999) cap.3

Si fem un anàlisi de la teoria newtoniana des d'una perspectiva contemporània, els preceptes de la cinemàtica i la dinàmica clàssica no es consideren falsos. No es veu els *Principia Mathematica* com una obra que ens parla de coses fictícies –a diferència de la *Física* aristotèlica– sinó com una exposició de casos-límit, d'aproximacions imperceptibles a la realitat.

I per què unes teories si i les altres no? Probablement perquè la teoria newtoniana s'ajusta al mètode científic, sigui el que aquest sigui. Això fa que, de manera inconscient, es consideri també una teoria realista. I no només realista sinó *real*. És a dir, per un realista parlem de coses que existeixen, i ho fem sabent que potser són una hipòtesi però convençuts de que fins i tot així ens remetent a les entitats veritables. Malgrat que resulti discutible, des d'una perspectiva realista mantenen bona part del seu fonament empíric.

Si tenim en compte el model ontològic ens adonem que aquesta declaració no s'ajusta a la veritat. No és cert –des d'una perspectiva teòrica contemporània– que les entitats postulades per la teoria clàssica siguin existents si hem de considerar que les actuals –les relativistes, per exemple– ho són també. Els models ontològics són incompatibles, en bona part, i per tant les entitats que postulen un i altre són incompatibles.

En relació a l'espai-temps, per exemple, un realista consideraria que allò que descriu la teoria per l'àmbit geomètric és real. I ho argumenta a partir de pressupòsits que el condueixen a aquesta conclusió que són al seu torn postulats realistes⁵². Per tant, la mètrica, la curvatura de l'espai-temps i el concepte de recta, no serien només elements descriptius de fenòmens reals sinó que també existirien per si mateixos.

La impossibilitat que hem constatat de conèixer la condició de les entitats sobre les que es construeix aquesta mètrica i la possibilitat que entitats suplementàries – com poden ser forces universals– expliquin equivalentment els fenòmens que ens permeten mesurar-la ens recorda que tota afirmació sobre les entitats fonamentals en la descripció de la geometria és un postulat, tal com descriu la formulació convencionalista.

⁵² V. NORTON(1994) que fonamenta el realisme relativista en la condició de covariància que és, al seu torn, un pressupòsit realista.

Per tant, més que negar qualsevol dels principis assenyalats anteriorment el que afirma és la seva incertesa. Podem postular aquestes condicions per a explicar l'activitat científica però no tenim cap mena de garantia que això s'ajusti a la realitat.

Els realistes, per a negar aquesta possibilitat, es recolzen en dos tipus d'arguments que, de fet, són aspectes de la mateixa consideració: les raons de tipus epistemològic –que accepten les teories que es fonamenten en una estructura considerada *la més simple* en algun dels sentits comentats anteriorment– i la seva contrapartida ontològica –que entén que el món obeeix aquesta mena de requeriments i té una estructura concreta que eines com les matemàtiques poden copsar. És a dir, el realisme geomètric –pel cas que esmentem– treballa amb una visió *pitagòrica* del món, que s'estructura i es pot comprendre a través de la matemàtica. Només així es pot entendre que una teoria no sigui una simplificació de la realitat i alhora una construcció descriptiva fonamentada en conceptes no necessàriament existents.

El cas de l'apel·lació al caràcter simplificador de la geometria no euclidiana en relativitat general mostra l'ús de consideracions del primer tipus en la defensa de la descripció realista del món. Les rectes són objectes perceptibles en la trajectòria d'un feix de llum, per exemple, i per tant són reals i ens permeten percebre la curvatura de l'espai-temps, que té efectes en els aparells de mesura tant de longitud espacial com del temps. No cal, diran, parlar de forces universals de les que potser no coneixem ni el seu origen i que per descomptat ens amaguen la seva magnitud.

Aquesta convicció ens evoca la *navalla d'Occam* –que és un principi metafísic– però només en el cas que defensem la posició realista. En efecte, es pot aplicar un principi d'economia amb pretensions epistemològiques i mantenir aquesta idea fora de la suposició ontològica però només en cas que hom opti per una perspectiva transcendental, idealista o fins i tot escèptica però no si ho fem des del realisme.

I malgrat això, aquestes condicions tampoc ens forcen a concloure que l'espai-temps és una substància de manera que un altre debat ens permetria arribar a la conclusió que el model ontològic clàssic no té perquè conservar-se.

Finalment, doncs, sembla més sòlid retraure'ns al nivell ontològic del realisme i veure si a partir d'aquest postulat podem desenvolupar alguna mena de recurs que

ens permeti destriar entre els models ontològics en conflicte amb alguna garantia tal com veurem a continuació.

Per a fer-ho, però, cal esmentar una conseqüència que sembla natural de la condició d'independència: la idea que aquest món –del qual hem admès que pot ben bé ser que no sapiguem de què està fet– forma una unitat. És a dir, el realisme ontològic ens empeny a formular una certa unitat en les entitats que componen el món, una unitat en les parts que les formen.

Això què vol dir? Podem entendre-ho com si es tractés d'una evocació de la “unitat sistemàtica del coneixement” kantiana en la mesura que es considera que el filòsof alemany l'entén com un principi regulador i no constitutiu⁵³ podem entendre aquest principi com la consideració que tot allò que diguem d'una part del món ha d'harmonitzar amb el que es pugui dir d'altres parts. Hi ha, doncs, una apel·lació a la unitat de la consciència que permet explicar aquest holisme⁵⁴. No obstant, una concepció així planteja inconvenients rellevants, com la consideració des d'una perspectiva de la ciència contemporània del paper del propi subjecte perceptor en aquesta unitat que ens remeten a solucions de compromís⁵⁵.

És per raons com aquestes que es considera que hi ha marge per a consideracions ontològiques pluralistes⁵⁶ que entenen les descripcions de la ciència com a restringides a àmbits molt acotats, fins i tot dins el laboratori, de manera que només disposem d'una visió del món que podríem designar com feta amb *retalls*. Ara bé, hem de saber si es tracta d'un pluralisme a nivell ontològic o podem restringir-lo a una constatació de tipus metodològic.

Des d'una perspectiva realista sembla que hem d'entendre que es tracta de la darrera opció que parteix de la distinció entre ontologies i ficcions útils⁵⁷. En cas, però, que entenguem que els models estableixen una relació amb l'assumpte que passa, per exemple, per la idealització aquesta distinció es torna més complexa. Una ficció també ens informa d'alguna manera del que hi ha, no només des d'un punt de vista fenomenològic sinó com una aproximació a la realitat de manera que no sembla que el criteri per a distingir-los sigui tan clar.

⁵³ *Prolegòmens* 350 v. KANT(1999) p.249

⁵⁴ v. KrV B132

⁵⁵ v. BALDNER(1996)

⁵⁶ v. CARTWRIGHT(1999) p.25 i s. o TELLER(2004)

⁵⁷ v. SKLAR(2003)

En tot cas, la idea de diversitat ontològica no sembla que sigui estrictament contrària a la possibilitat d'una certa compatibilitat global si entenem que els models postulats són representacions parcials, idealitzades, que es poden complementar mútuament⁵⁸. Això fins i tot es pot considerar preferible en la mesura que ens ofereixen una imatge més completa del món.

Està clar que les diferents teories construïdes sobre àmbits empírics diferents disposaran legítimament de models ontològics propis però el que no es pot donar, des d'un punt de vista realista –i fins i tot des de la perspectiva, més feble, de l'idealisme transcendental– és que descriuin entitats fonamentalment incompatibles. És a dir, que, sigui com sigui, les realitats que descriuen les diverses disciplines científiques –en base al principi ontològic– *no poden ser contradictòries*.

Aquest fet, que hem de considerar implícit en una perspectiva realista, ens permetrà bastir un criteri compatible amb el realisme que, si bé no resultarà excessivament potent, si ens pot mostrar que l'existència de models ontològics en conflicte a partir de teories empíricament equivalents no és incompatible amb el realisme i que des d'una perspectiva global del món –i del coneixement corresponent– és possible establir alguna estratègia que ens conduïxi per la via epistemològica.

2.3 Criteris d'elecció entre teories

En definir les teories equivalents d'aquesta manera i acceptar que si tenim una sempre en podem tenir una altra d'equivalent ens veiem abocats a justificar per què triem una proposta concreta.

Podem al·legar raons pragmàtiques, motius convencionals o bé atènyer-nos a raons *a priori* d'ordre divers. Totes tenen fan alguna mena de judici epistemològic i fins i tot apostes metafísiques suplementàries. En cas que ens decantéssim per alguna de les darreres hauríem de reconèixer, però, que n'hi ha que presenten aspectes certament convencionals o que allò que les fa diferents ens porta per la via de l'epistemologia kantiana.

Fem-ne una revisió.

⁵⁸ v. TELLER(2004) p.441

Criteris formals

Si acceptem que davant dues teories equivalents hi ha d'haver algun criteri per a triar el que més s'ajusti a la realitat sense recórrer a les dades com a element discriminador haurem d'adreçar-nos als criteris formals.

Deixem a banda, per ara, la idea de classificar les teories en funció de la seva versemblança donat que són diferents per a cada individu —que sembla que ens conduiria al subjectivisme— i mirem d'establir quins criteris podem considerar objectius. Això és necessari si volem que es tracti d'algun tipus de coneixement intersubjectiu. El subjectivisme, a més, en pot acostar a una lectura relativista en el sentit que les raons per a triar un criteri per sobre d'un altre poden ser, també, pròpies.

Ara bé, si no podem considerar el lligam de la teoria amb les dades —donat que es tracten d'equivalències empíriques— ens queden només opcions de caràcter estructural. És a dir, què podem trobar en una teoria, estructuralment, que la fa preferible a una altra d'empíricament equivalent?

Ens referim, en primer lloc a la teoria que presenti un aspecte més fiable. És a dir, que se'ns aparegui com la més probable de ser certa. Hem d'entendre, doncs, que hem treballar amb l'aparença de la teoria. Aquesta ens ha de permetre desenvolupar un criteri per triar-la. I aquest criteri lliga de manera natural amb la nostra concepció d'explicació científica. La idea parteix de reconèixer que les nostres pràctiques explicatives són les que guien les nostres inferències de manera que la construcció d'una teoria hauria d'estar marcada per la nostra noció d'explicació. És a dir, hauríem de triar *la teoria que ofereixi la millor explicació*.

Tal com hem vist al capítol II, la idea d'explicació científica no està exempta de problemes de manera que caldria concretar a què ens referim quan parlem de triar la teoria que ho faci millor. La concepció deductiva i nomològica, per exemple, ens remetria a una variant del mètode hipotètic-deductiu, que admetem que no és prou satisfactori⁵⁹. Sembla, doncs, que aquesta opció passa per un concepte d'explicació similar al contrastiu que incorpori alguna mena d'argument causal.

⁵⁹ LIPTON(1991) p.2

No obstant, hem de reconèixer que una explicació no ha de ser per força un fonament per a la creença –sobretot si es considera que cap creença pot tenir garantida la veracitat– sinó que podem considerar preferibles les explicacions més simples o elegants. Aquest criteri, a més, presenta un fort lligam amb els supòsits realistes. Malgrat que podem defensar una tria d'aquest tipus en la simple conveniència –i transformar-lo per tant en un de convencionalista– el realisme treballa amb la idea que la millor explicació és la veritable⁶⁰.

En certa manera, doncs, la idea de la millor explicació és subjacent a la resta de criteris per triar entre teories de manera que podem dir que el concepte de *millor* és el que depèn del criteri per triar.

Sigui com sigui, aquests criteris han de ser sòlids malgrat que tenen el risc que davant d'un cas de provisionalitat les nostres condicions ens portin a triar una teoria que més endavant es mostri no confirmada per les dades. Quan la cosmologia grega prenia com a criteri el caràcter perfecte de les esferes per a triar el model d'òrbites geocèntriques, podem dir que estava aplicant un criteri a priori que es va mostrar ulteriorment fals. Pot un criteri a priori conjurar aquesta possibilitat?

Així doncs podríem considerar que –donat que tota teoria nova està vinculada a d'altres, en la mesura que té un rerefons sobre el que s'ha pogut desenvolupar– d'atendre a un *criteri de continuïtat* amb les teories precedents. És a dir, podríem escollir aquella que es desvia menys dels elements que considerem significatius de les visions prèviament acceptades (i que han quedat obsoletes per causa de les noves observacions). Així, pel cas de la geometria física, la teoria newtoniana és incompatible amb la teoria relativista en considerar-la precedent, però si volem construir una alternativa preferible podríem optar per mantenir alguns aspectes de la vella teoria que ens semblin més rellevants, com ara el caràcter absolut de l'espai i el temps o els observadors intercanviables.

Aquests criteris han de ser sòlids però, per altra banda tenen el risc que davant d'un cas de provisionalitat les nostres condicions ens portin a triar una teoria que més endavant es mostri no confirmada per les dades. Quan la cosmologia grega prenia com a criteri el caràcter perfecte de les esferes per a triar el model d'òrbites

⁶⁰ v. CLARKE(2001) p.705 Per una crítica específica d'aquest criteri v. CARTWRIGHT(2003) p.4 i s.

geocèntriques, podem dir que estava aplicant un criteri a priori que es va mostrar ulteriorment fals. Pot un criteri a priori conjurar aquesta possibilitat?

En primera instància, donat que tota teoria nova està vinculada a d'altres –en la mesura que té un rerefons sobre el que s'ha pogut desenvolupar– podríem atendre a un *criteri de continuïtat* amb les teories precedents. És a dir, podríem escollir aquella que es desvia menys dels elements que considerem significatius de les visions prèviament acceptades (i que han quedat obsoletes per causa de les noves observacions). Així, pel cas de la geometria física, la teoria newtoniana és incompatible amb la teoria relativista en considerar-la precedent, però si volem construir una alternativa preferible podríem optar per mantenir alguns aspectes de la vella teoria que ens semblin més rellevants, com ara el caràcter absolut de l'espai i el temps o els observadors intercanviables.

No obstant, si a la teoria clàssica empràvem rellotges i regles per a la mesura de les distàncies espacials i temporals segueix sent cert en la teoria relativista però no ho podríem conservar en una teoria alternativa com la que pressuposa forces que modifiquen els aparells de mesura. Per altra banda, una teoria com la darrera conservaria el caràcter euclidià de l'espai-temps mentre que el relativista no ho fa. Per tant, si volem ser conservadors, *què hem de conservar?*

És més, si acceptem la teoria relativista podem reconstruir la teoria newtoniana de manera que els elements que no ens resultin significatius no tinguin cap mena de protagonisme. És a dir, si ens mirem de guiar per les teories que ens precedeixen, podem fer-ne una reconstrucció en els termes significatius que ens convinguin. Podríem per exemple –com de fet succeeix en els textos divulgatius de relativitat– fer una exposició de la teoria de Newton a partir d'un espai-temps de curvatura per determinar i després establir que aquesta era nul·la. Vist així, el canvi que exigeix la teoria general de la relativitat és mínim: només hem de modificar el valor de la curvatura. Però es fonamenta en una relectura.

És a dir, la continuïtat es pot justificar *a posteriori* un cop es projecten els conceptes centrals de la nova teoria triada.

Una altra raó a la qual ens atenem sovint en triar teories és l'apel·lació a la seva forma interna, el que podríem anomenar *plausibilitat intrínseca*. Amb això ens referim

a la idea que determinades característiques de les teories apareixen com a més viables que d'altres en funció de criteris que s'han de justificar.

Així podem veure que sovint es considera que la possibilitat més factible per a una teoria rau en la *simplicitat*. Aquest terme, però, està subjecte a un cert grau d'ambigüitat i ens remet a problemes similars al de la conveniència.

En primer lloc, parlem de simplicitat a l'hora de formular els enunciats que descriuen els fenòmens. Això és el que podríem anomenar *simplicitat inductiva*.⁶¹ Ja hem parlat de com l'obtenció de dades empíriques està subjecta a filtratges més o menys explícits, com pot ser un model de dades. Així doncs, es pot establir una comparativa a partir d'aquests i triar els que presentin una major simplicitat. La possibilitat d'equivalència empírica, però, es construeix partint de la base que aquestes diferències en l'obtenció de continguts observacionals són negligibles. I donat que estem parlant de teories que són equivalents en el sentit fort suposem que es dona aquesta possibilitat.

Ens podem referir, doncs –seguint la terminologia anterior– a la *simplicitat descriptiva* en comptes d'inductiva. És a dir, que establim quina teoria presenta una major claredat i un menor nombre d'entitats o de mecanismes per a descriure els fenòmens observats. Aquesta possibilitat, però, també té components subjectives que la dificulten el judici.

Podem dir que la teoria general de la relativitat resulta més simple per l'ús de la geometria no euclidiana? Certament els càlculs i la condició de covariància queden millor expressats en funció d'una mètrica no plana que no pas amb l'ús de forces universals que, en cas que fos possible, ens poden abocar a les mateixes expressions o a d'altres d'ingovernables. Però el que podem simplificar per una banda ho podem complicar per una altra. A més, la simplicitat depèn fortament de la manera que s'expressen les teories a comparar⁶². Qualsevol persona que provi d'entrar en el món de la relativitat general podrà comprovar que no resulta precisament òbvia. La simplicitat amb què es percep una teoria pot dependre d'elements com les

⁶¹ v. REICHENBACH (1938) p.374-375.

⁶² v. KUKLA(1996) p.159 i s. per una referència ràpida.

característiques estructurals de la teoria o la forma lògica de les seves premisses però també del desenvolupament de les seves eines didàctiques.

Podríem, però, referir-nos a la possibilitat de minimitzar conceptes i postulats en la teoria per a designar aquesta simplicitat. És a dir ens referiríem a *la simplicitat del model ontològic associat*. En certa manera, una teoria que fa servir menys elements, que unifica conceptes sota un de sol i, sobretot, que minimitza els elements postulats – indetectables empíricament – ens resultarà més fàcil de considerar com a preferible.

Així per exemple, la teoria especial de la relativitat elimina la necessitat de suposar l'existència de l'èter i d'una velocitat oculta per a la llum respecte a ell. En canvi, la visió clàssica explica aquesta incapacitat per a detectar-la a través de dos efectes, donat que per una banda entenem que la llum té una velocitat diferent segons el sistema de referència i per l'altra addueix els efectes de la contracció de Lorentz-Fitzgerald per a explicar perquè aquesta velocitat resulta indetectable. Sembla, doncs, que aquesta teoria corregida resulta *innecessàriament complexa* malgrat ser empíricament equivalent a la teoria especial de la relativitat. De fet, el propi Einstein esmenta que la recerca d'una teoria de la relativitat neix de la seva convicció que cal més simplicitat per a les equacions electromagnètiques de Maxwell, donat que un efecte que sembla de totes totes el mateix s'ha d'explicar amb dues equacions diferents⁶³

En el cas de la relativitat general i els seus efectes sobre la geometria de l'espai-temps podem explicar el comportament de la llum i les partícules sense cap recurs ontològic o teòric addicional. Si contraposem la teoria d'un espai-temps pla amb forces universals que desvien aquestes partícules i la llum cal que reconeixem que, donat que el nombre de forces universals que podem aplicar no és concret, en realitat estem postulat un nombre infinit de mons equivalents dels quals no en podem destriar un de determinat. Això també sembla d'una complexitat més gran que la de la teoria general de la relativitat.

Així doncs, estem fent servir un concepte de simplicitat que ens remet al principi d'economia. Minimitzar conceptes, lleis o postulats semblaria una de les tasques de la comprensió científica en el sentit que com més general sigui un principi més a

⁶³ Tal com diu en començar l'article de 1905. v. EINSTEIN(1998)

prop sembla que estiguem de la seva explicació. Però hem d'admetre que aquest principi és de caràcter metafísic i fugir-ne ens empeny a consideracions entorn a la nostra capacitat cognitiva.

És raonable que això es reflecteixi en una perspectiva que podem anomenar *apriorisme*⁶⁴ i que es fonamenta en una primera versió en un espècie de racionalisme que considera les veritats matemàtiques com alguna cosa prèvia a l'experiència que posteriorment es concreta en una atribució fonamental a les dades sensorials en dirigir-nos cap a la teoria que hem de creure certa. És a dir, partint de consideracions que tenen a veure amb la justificació del caràcter natural d'entitats matemàtiques, podem fer extensiu aquest punt de vista a altres entitats que componen el model ontològic.

Representa una espècie de recuperació de la idea kantiana de les condicions a priori de l'experiència en imposar-nos com a acceptables aquelles teories que compleixen amb una sèrie de requeriments dels quals el subjecte, nosaltres, no podem fugir. Ja sabem que la concreció de Kant tenia errors de consideració —com la condició de la geometria euclidiana de forma a priori de la sensibilitat— però no hem de menystenir la idea en relació a la nostra tesi. Podem considerar que els nostres models ontològics han de complir amb determinades condicions i fer servir aquestes com a criteri de selecció. No obstant, no sembla fàcil establir quins són aquestes requeriments ineludibles donat que trobem tot de casos que ens conviden a ser cautes.

Alguns d'aquests criteris són emmarcables en les possibilitats exposades anteriorment, com les de simplicitat o economia. Altres es poden inscriure en la discussió sobre teories equivalents en considerar que no totes es relacionen igual amb les seves conseqüències empíriques malgrat la seva compatibilitat lògica⁶⁵ de manera que podem formular una proposta de selecció basada en criteris racionals que es poden considerar a priori⁶⁶. Així, per exemple, podem triar aquelles teories que són internament consistents, que ofereixen prediccions més sorprenents o que són compatibles amb un major nombre de fenòmens.

⁶⁴ Un terme que podem trobar en relació a la relativitat a SKLAR (1977) p.80 i s. i p.129 i s.

⁶⁵ LAUDAN(1990) p.275

⁶⁶ *Ibid.* p. 285

També podríem establir criteris per a triar entre dues teories empíricament equivalents en funció de quina és la més *versemblant*, definint aquest darrer terme fent servir criteris d'arrel probabilística com pot ser el bayesianisme⁶⁷ Malgrat que totes les teories empíricament equivalents siguin possibles, no es considera que ho són en la mateixa probabilitat. Hi ha teories més “possibles” o “convincents” que altres i per tant són les que –malgrat entendre-les com a confirmades per igual per les dades empíriques– triaríem.

No sempre podrem fonamentar aquesta versemblança. En el cas de la geometria de l'espai-temps, quin podria ser l'origen d'aquesta versemblança? Ho és menys una teoria amb un món euclidià i unes forces universals que una que descriu el món amb la sola geometria no euclidiana? Els criteris de versemblança d'una teoria més enllà de les dades empíriques només poden ser de tipus intern. I això porta un altre cop a pensar en simplicitat, amb els inconvenients que ja hem tractat anteriorment, o bé en la *potència explicativa*, és a dir en el seu nivell de generalitat.

Després de considerar les opcions anteriors cal recordar que hi ha la possibilitat de considerar que les teories en conflicte no són essencialment diferents sinó que es tractaria, de fet, de diferents expressions de la mateixa visió teòrica.

Certament, els casos històrics conviden pensar que determinats episodis s'han solucionat en veure's superats per noves teories⁶⁸. Ja hem vist, però, quins inconvenients trobem per mantenir aquesta posició.

Està clar que el que es busca és “amortitzar” els termes i conceptes de les teories equivalents i considerar-les una mateixa cosa. El fet que ens apareguin com a dues teories diferents s'explicaria, en aquest cas, per la incapacitat de formular conceptes que provinguin directament de l'experiència i per tant de la nostra necessitat de referir les dades observades a conceptes teòrics que poden variar.

Pel cas espaciotemporal aquesta perspectiva postularia igualment que la geometria no euclidiana pròpia de la teoria general de la relativitat i una formulació euclidiana amb l'afegit d'un conjunt de forces universals que modifiquen les trajectòries i el comportament de les partícules i ones són en realitat la mateixa cosa. Això és així perquè en recórrer als conceptes teòrics que organitzen les dades empíriques en una

⁶⁷ SKLAR(1977), p.129

⁶⁸ v. LEPLIN(1997) p.142

i altra teoria ho fem de manera diferent i per tant “simplement” assignem a conceptes teòrics diferents.

Això ens permetria *dissoldre* el problema de la infradeterminació, donat que aquesta pressuposa que les dades, fins i tot totes les possibles, no *ens forcen* a acceptar una teoria sinó que proposa és exactament el contrari. Tota explicació de les observacions és, per definició, única. En acceptar, com ho faria aquest tipus de visió, que l'equivalència empírica el que amaga és la mateixa teoria estem dient que només hi ha una explicació al conjunt de fenòmens i això és precisament com dir que aquests determinen unívocament l'estructura conceptual que els explica.

L'exemple, però, ens permet veure com aquesta solució passa per l'anulació ontològica dels termes en conflicte. Si rectes euclidianes i no euclidianes són transformables via forces universals estem assumint de manera implícita que no són elements essencials en la constitució de l'espai-temps sinó que són només elements útils per a la descripció del seu comportament.

Convencionals

I això és el que ve a assumir el convencionalisme pel que fa l'estatut de la geometria física. Es tractaria de l'expressió explícita de les consideracions que una i altra versió fan de les dificultats derivades de la infradeterminació empírica.

El convencionalisme d'aquest tipus, renuncia a fer *tantes* consideracions ontològiques com el realisme i es limita a remarcar-ne alguna limitació. Això no vol dir necessàriament que no faci pressupòsits de cap mena. Si més no, en fa per descartar una concepció metafísica quan entén que hi ha un món d'alguna mena que manté alguna de les seves característiques ocultes. No podem, per exemple, assegurar que determinades entitats que resulten essencials per a la teoria relativista no siguin fictícies donat que podem complementar la teoria amb altres entitats, que poden ser també imaginàries (fins i tot ambdues), que les farien innecessàries.

Sovint la discussió sobre el convencionalisme s'ha centrat en l'arbitrarietat de la tria, o més ben dit, l'absència de fonamentació de l'elecció entre teories. La simple elecció, atenent a confusos criteris de conveniència, resulta del tot insatisfactòria. Sobretot perquè la conveniència no sembla pas que estigui lligada necessàriament ni amb el món exterior ni amb criteris suficientment objectius. Si això és així sempre es

pot mirar de subministrar millors criteris per a justificar l'ús d'una teoria en comptes d'una altra.

Sigui quin sigui el criteri per a triar una teoria o una altra la pregunta que persegueix és òbviament per què hauríem de pensar, en tot cas, que el que descriu la teoria triada és “cert”. Podríem dir que el convencionalisme ens permet expressar explícitament que no tenim raons per a assegurar-ho.

La discussió parteix, prèviament, d'un empirisme moderat. Això és així en la mesura que, acceptem el que observàvem anteriorment i no qüestionem més enllà de lo raonable la veracitat de les nostres percepcions. Si hem de considerar –per exemple– que la llum descriu una trajectòria diferent en passar a prop del sol o no (sense dir quina és la causa donat que això és el que fa una o altra teoria) i mostrem, per a provar-ho, les dades experimentals obtingudes a un eclipsi, cal que aquests resultats no es qüestionin. Això ja representa un posicionament tant ontològic com epistemològic. Dit d'altra manera, el convencionalisme no es planteja la possibilitat filosòfica d'un idealisme ni tampoc el de l'escepticisme cognitiu més radical. Podríem parlar, si més no, de veritat entesa com una correspondència.

Semblaria raonable, però, pensar que l'aspiració d'una teoria científica és la de conèixer fins allà on sigui possible com és el món. És aquesta aspiració d'intel·ligibilitat la que exigeix que una teoria sigui alguna cosa més que la descripció dels esdeveniments. Si no fos així, n'hi hauria prou amb dir que les dues teories són en realitat la mateixa, donat que aquells aspectes teòrics que són incontrastables no ens haurien de preocupar i per tant l'elecció entre teories hauria d'obeir sobretot a criteris pràctics. De fet podríem fer una lectura del convencionalisme en aquest sentit però resultaria massa restrictiva, forçant el concepte.

El que podem extreure del convencionalisme és més aviat un avís, una guia per a no treure conclusions més optimistes del compte. Hi ha coses que podem dir del món a partir de les dades, n'hi ha d'altres que no. La qüestió és si allò que no està confirmat directament per l'experiència i només ho està per la teoria s'ha de considerar que és veritable. Tenim la certesa, per exemple, que si la teoria triada diu que la geometria de l'espai-temps és no euclidiana això correspon a alguna cosa

externa? Podem dir que l'existència de les entitats geomètriques que la teoria requereix són veritables en el sentit de correspondència?

Hi ha la possibilitat, que lligaria amb el criteri d'identitat subjacent, que les entitats que triem de manera convencional no tinguin contrapartida de cap mena en la realitat i que siguin manifestacions d'altres elements. Aleshores no es tractaria d'un conflicte entre objectes possibles sinó que hi incorporariem l'element de ficció en la nostra discussió.

En certa manera és el tipus d'argument que trobem en admetre la possibilitat que les rectes, la mètrica o qualsevol altre entitat constitutiva de l'espai-temps són en realitat manifestacions d'altres elements veritablement fonamentals i existents com – pel cas de la visió relacionista– la matèria-energia.

La lectura convencional, però, entén que malgrat tenir dues opcions que descriuen mons certament diferents el que succeeix és que les dades no ens forcen a triar entre elles. D'aquesta manera acceptem que són propostes incompatibles i d'ambició realista però reconeixem la insuficiència empírica per a determinar la real i assumim que el criteri de tria és un altre. Aquesta, però, té més aviat aspectes escèptics.

Certament podem respondre amb escepticisme. Aquest seria el cas d'entendre que la *conveniència* designa convenció o arbitrarietat.

En aquest cas el que hauríem d'entendre de la impossibilitat de determinar la veritable naturalesa de les entitats geomètriques postulades per una teoria és precisament que aquestes són inaccessibles i que no hi ha cap criteri que ens ajudi a destriar entre les diferents opcions. Qualsevol raó que puguem exposar per a optar per una visió ontològica del món en comptes d'una altra s'hauria de fonamentar en criteris previs que no estiguin relacionats amb les dades de l'experiència. Aquestes, però, no ens informen de la naturalesa real del món. Si això és així aleshores cal reconèixer que el que diem del món és, en certa manera, una conjectura o, tal com veurem, una expressió *a priori* de la nostra percepció.

Les raons per les quals decidim fer servir una explicació del món i no una altra només seran ontològicament significatives si estan fonamentades en les condicions d'existència de les entitats que fa servir una teoria i no pas en altres consideracions

metodològiques o epistemològiques. Però, en certa manera, això ja suposa una petició de principi, una prefiguració del model ontològic que fonamenta la nostra percepció del coneixement. Com sempre l'escepticisme, si no és total, resulta difícilment refutable i ens pot portar a un convencionalisme radical on el criteri és la simple predilecció.

La crítica habitual a l'escepticisme es fonamenta en les raons que el provoquen. Habitualment es tracta d'una fonamentació de tipus històric –és a dir, construïda a partir dels casos coneguts– que té els seus límits. En casos així podem convertir aquest escepticisme en una mena de relativisme que podem descartar amb certa facilitat⁶⁹.

Però no ens estem referint a un escepticisme epistemològic edificat sobre teories en procés històric de substitució sinó que ens referim a una reserva sobre el model ontològic que les determinen per causa de l'equivalència empírica. Hem d'entendre que les entitats que són pròpies d'una teoria no han de ser, necessàriament, corresponents a objectes reals i que, per tant, el fet que no tinguin contrapartida objectiva no ens aboca necessàriament a la ignorància. Però aleshores, que fem quan descrivim el món?

Heurístics

Atendre a la potència explicativa d'una proposta teòrica resulta particularment interessant per diverses raons. Primer perquè satisfà un dels pressupòsits de l'activitat científica que no depèn exclusivament de les dades empíriques, si considerem aquest concepte en un sentit ampli, com és el de predicció.

En segon lloc, perquè ens porta a un àmbit de l'estudi de les ciències que té en compte els *fets històrics*. Al cap i a la fi, no té sentit considerar que construirem les nostres teories científiques atenent la compatibilitat amb les dades de l'experiència i després negligir-les a la primera oportunitat. La història del desenvolupament científic ens pot mostrar, per exemple, com s'han triat les teories que, provisionalment, s'han considerat equivalents. Són també, en un cert grau, dades empíriques.

⁶⁹ v. LEPLIN(1997) p.141 i s.

Els estudis que en filosofia de la ciència han incorporat la informació que prové dels casos històrics i ens han mostrat, per exemple, que els criteris formals que es fan servir com a demarcació de la disciplina han variat pels casos que han convingut atenent a condicionants menys objectius del que les teories de la ciència propugnaven. És el cas dels criteris heurístics que s'amaguen darrera dels programes d'investigació científica. Hi ha qui afirma, per exemple, que

«... el programa d'investigació té també una heurística, és a dir, una poderosa maquinària per a la solució de problemes que, amb l'ajuda de tècniques matemàtiques sofisticades, assimila anomalies i fins i tot les converteix en evidència positiva. [...] Si tenim dos programes d'investigació rivals i un d'ells progressa, mentre que l'altre degenera, els científics tendeixen a alinear-se amb el programa progressiu. Tal és l'explicació de les revolucions científiques.»⁷⁰

La darrera raó que podem donar és que constitueix la viva expressió de l'anhel de comprensió del món. I en aquest sentit, tot i ser una condició a priori de la teoria, ho és sense plantejar els problemes de justificació que hem pogut trobar en altres criteris. Des del moment en que la vinculació amb les dades empíriques és fonamental també podem dir que una teoria heurísticament més fèrtil podria considerar-se més confirmada que una altra els resultats experimentals de la qual són més difícils de plantejar (malgrat que siguin finalment els mateixos). És a dir, en la mesura que nous resultats amplien la nostra *base empírica* una teoria amb una àmplia capacitat predictiva constitueix una eina d'intel·ligibilitat millor que no una altra d'equivalent, fins i tot si pot justificar els mateixos resultats que la primera, un cop obtinguts.

De fet, un criteri d'aquesta mena fins i tot ens permet parlar de fonaments diferents sobre les dades observades. És a dir, malgrat que es puguin justificar de manera deductiva o a posteriori, el vincle que una teoria estableix amb els fenòmens que prediu és d'una naturalesa diferent del que es pugui donar en el cas de teories que podríem, en un cas extrem, dir que són simplement *compatibles* amb les dades.

L'absència d'una traducció de les dades a una proposta ontològica de la teoria sembla que ens deixa, doncs, només el recurs d'entendre-la com el tipus de construcció que ens permet arribar a nous resultats que posteriorment ratificarà l'experiència. Aspirem a la comprensió del món més enllà de nosaltres mateixos

⁷⁰ LAKATOS (1993) p. 15

però l'anàlisi de la ciència no ens ha portat més lluny en aquesta via sinó que ens ha conduït a l'estudi de l'activitat humana en relació al coneixement científic. No podem negligir, per tant, els aspectes relacionats amb el desenvolupament de les teories científiques que podem observar en els casos històrics.

Vol dir això, que una teoria serà preferible en la mesura que permeti produir nous enunciats contrastables i aplicables?

En la mesura que una teoria heurísticament més fèrtil que una altra ens permet obtenir més dades empíriques, podem veure que és un criteri que ens *acosta a la veritat*. Partint de teories equivalents *empíricament*, el fet que una ens porti més contrastos experimentals que l'altra ja constitueix un criteri de "proximitat" a la realitat més gran i per tant un cert element de jerarquització "objectiva". Dues teories poden tenir les mateixes conseqüències observables però tenir una diferent potència a l'hora de proporcionar-nos les dades empíriques que les fonamenten.

De fet, convé distingir entre compatibilitat d'una teoria amb determinades dades empíriques i la seva capacitat per a proporcionar-nos-les. En la mesura que una proposta equivalent no sigui capaç de predir un determinat resultat i només en sigui de justificar-lo –o encara pitjor, no entri en contradicció– no podem dir que són teories intercanviables⁷¹.

Tot això ens porta a pensar que, en cas de dubte, més que la correspondència amb entitats reals que siguem capaços d'imaginar o de criteris ontològics evocadorament racionalistes pot ser preferible optar per la capacitat explicativa i útil de la teoria. Això si, ho fa partint de consideracions que tenen a veure amb la nostra capacitat de gestió de la teoria i no amb les característiques que el món pugui tenir per si mateix.

Així doncs, entre teories equivalents podem dir que triem les teories més simples per sobre de les més complexes i les d'abast predictiu més gran enfront de les més restrictives. Aquests criteris tenen els inconvenients habituals donat que, si no optem per una visió kantiana, la vinculació entre aquests apriorismes i la veritat és, si més no, objectable. A més, res no garanteix que aquestes dues condicions a priori estiguin en proporció inversa. És a dir, per satisfer la simplicitat pot ser que haguem d'acceptar una teoria que té menys generalitat que una altra o al revés, les teories

⁷¹ v. LEPLIN (1997) cap. 6 o LAUDAN (1990) p. 278 i s.

amb més potència poden ser més complexes, si més no a nivell operatiu, que les simples.

Podem considerar que una teoria és una mena factoria per produir noves afirmacions contrastables. La potència de la teoria per produir-les serà un clar avantatge respecte d'altres d'equivalents. És a dir, aquella que tingui més capacitat de previsió, de predicció, serà més satisfactòria des d'aquest punt de vista.

Aquest és un fet que ja apareix amb la visió neopositivista, que confia més en aquesta capacitat de predicció que no pas en la suposada simplicitat, fins i tot si la darrera es remet a principis tan potents com el d'economia. Això explica l'ús preferent d'eines com la inducció i la probabilitat que remet a models fenomenològics –que pel fet ja són suficients– per part del Cercle de Viena.⁷² En conseqüència, és susceptible de patir els mateixos inconvenients que la visió neopositivista en aquests mateixos aspectes.

Podem considerar la potència heurística com una expressió alternativa de la explicativa. La darrera, però, té un vincle més clar amb el model ontològic, que expressa la capacitat de la teoria de connectar els diversos resultats empírics de manera “objectivament” coherent, mentre que la primera sembla més relacionada amb la metodologia i el caràcter combinatori dels seus elements de manera que un criteri d'aquesta mena ens permetria pensar que triem la millor teoria epistemològicament parlant però no la que tingui un millor garantia de vinculació amb el món.

I malgrat això, la solidesa d'una teoria –el grau de connexió que li puguem atribuir amb el món– sembla un fonament immillorable per a la seva capacitat heurística. Certament, un concepte de teoria lligat a experiments imaginats i que ens parla de magnituds incontrastables no sembla, a primer cop d'ull, una bona tria però, de fet, en la idea d'equivalència empírica subjau el pressupòsit que una teoria es recolza en les dades experimentals si aquestes són deduïbles o explicables, d'alguna manera, a partir dels seus elements ontològics. No podem dir que les dades confirmen o suporten un model que simplement no ens informa ni de la seva compatibilitat ni contempla la possibilitat que siguin falsadores.

⁷² REICHENBACH (1938) p. 376.

Així, de manera general, podem dir que la mecànica quàntica té una gran potència heurística en la mesura que és capaç de predir, plantejar i resoldre problemes del seu àmbit amb rigor i eficiència però –tal com la filosofia constata sovint– no satisfà plenament els anhels d’explicació, de comprensió, del que succeeix més enllà de les dades empíriques.

En el cas de la geometria física, en canvi, podem constatar la connexió entre ambdós aspectes. El model geomètric de la relativitat general a través dels seus operadors tensorials proporciona una capacitat heurística considerable a la teoria. Ha permès, i permet, establir l’existència d’efectes i “construccions” amb considerable èxit. Forats negres, curvatura de la llum i alteracions en els rellotges en òrbita han estat predits per la teoria. Això difícilment s’hagués assolit amb la seva equivalència euclidiana. Probablement la introducció de camps vectorials amb efectes sobre els instruments que exigeix una alternativa hagués portat a complicacions considerables a l’hora de fer prediccions i a atzucacs insalvables sinó s’hagués optat per una formulació matemàtica que, en cas que fos possible, acabés sent equivalent a la relativista. De fet, hi ha la possibilitat a considerar que dues teories equivalents tinguin lleis formulades de la mateixa manera però connectades amb models significativament diferents.

El mateix principi d’equivalència que suposa el punt de partida de la teoria general és un excel·lent exemple de potència heurística. Permet pensar en tots els fenòmens dins un camp gravitatori des d’un nou punt de vista amb la fertilitat que hem pogut constatar.

Però que aquesta capacitat de veure i aportar nous punts de vista a noves situacions condueixi necessàriament a una millor comprensió del món no està provat. Certament podem dir que ho ha permès pel cas relativista però trobem que la relació de l’heurística amb la simplicitat, malgrat ser íntima, resulta confusa. Els mecanismes senzills possibiliten l’activitat de predicció i resolució de noves qüestions però la connexió sembla difícil que es pugui justificar formalment. Al cap i a la fi cal reconèixer que, a partir d’un cert punt, la recerca entra en el terreny de la subjectivitat i troba sovint la seva màxima expressió en les ments de gent que no sembla que operin atenent a la simplicitat de les seves eines.

Els criteris per a triar entre teories equivalents que hem revisat permeten argumentar en contra de la infradeterminació de les teories. És a dir, si bé es dona una *infradeterminació empírica* en afegir les consideracions comentades la teoria pot esdevenir única i podem arribar a afirmar que *deriva* forçosament de les dades observades⁷³. Però no està clar que aquests criteris no siguin altra cosa que condicions metafísiques o postulats ontològics que cal enunciar, si no es poden demostrar. Alguns d'aquests supòsits semblen tecnificacions de principis metodològics com el d'economia i caldria justificar perquè són preferibles.

De fet, existeix una certa premissa de fons en considerar que aquelles teories que per la seva simplificat representativa ens permeten explicar millor els “mecanisme” d'un determinat domini de la naturalesa són les que descriuen millor les entitats que existeixen en aquest àmbit. No és, en certa manera – i en tant que metàfora i per tant deixant de banda els elements que trenquen l'equivalència– similar a una explicació teològica d'un procés evolutiu? Aquest, complex en la seu desenvolupament materialista, esdevé simple si hi ha al darrera una entitat que dissenya –una voluntat teleològica– que permet explicar els òrgans en termes d'adaptació i fàcilment comprensible.

La temptació de centrar-nos només en la base observacional, per altra banda, s'explica pel llegat de la concepció heretada que ha permès, entre altres coses, igualar les qüestions epistemològiques sobre decidir si creure o no en una teoria amb les semàntiques sobre les seves condicions de veritat.

Però cal tenir en compte que la infradeterminació precisament ens assenjala la insuficiència de la base empírica per a determinar una teoria, de manera similar a com la inducció planteja problemes per a la justificació de lleis generals. Quin tipus d'argumentació fem servir per a justificar la relació entre dades observades i teoria? Podem considerar, per exemple, que aquesta relació promet més èxit si es planteja des d'un punt de vista bayesià, és a dir probabilístic.

En tot cas, la tesi de la infradeterminació afecta més a inferències sobre inobservables que no pas sobre observables futurs, per tant no es tracta tant de que l'equivalència sigui provisional com que la diferència entre teories no és trivial. Ens

⁷³ V. LAUDAN i LEPLIN (1991)

ve a dir que els models ontològics proposats poden ser molt diferents i tot i així no tenir un criteri empíric per a destriar-los. Disposem de, com a mínim, dos exemples no trivials esmentats amb anterioritat: la substitució del camp gravitatori clàssic per la curvatura de l'espai-temps i l'existència de models cosmològics de topologia diferent a partir de la teoria general de la relativitat que són indestriables dins els conus de llum

La idea d'afegir consideracions de tipus heurístic no és fàcil de distingir dels criteris *a priori*. Sigui com sigui, aquesta idea es fonamenta en la constatació que la compatibilitat amb les dades no és suficient per a dir que dues teories tenen la mateixa fonamentació empírica. Cal distingir entre els diversos graus de relació que pot mantenir una teoria amb l'experiència en funció de si aquesta darrera és deduïble, per exemple, de les afirmacions teòriques o només es tracta d'un cas de compatibilitat lògica. Podríem dir que existeixen fins a quatre tipus diferents de vinculació d'uns i altres: la compatibilitat lògica, la conseqüència lògica, la capacitat explicativa de les evidències o el suport empíric de les teories⁷⁴. Les diferències són comprensibles i es pot al·legar, en base a aquestes diferències, que no hi ha genuïnament una equivalència empírica. No obstant, això depèn d'una definició que resulta preferible no modificar i que no cal reformular si considerem aquestes diferències com a font de criteris suplementaris per a la nostra tria entre teories.

Reduccionistes

Per determinats casos, però, la tria entre teories es pot fer des d'una perspectiva realista que ens permeti establir algun criteri per escollir entre aquelles que discrepen en els seus models ontològics. Això ens permet, per una banda, incorporar elements fonamentats en el realisme que ens donin una certa garantia i, per l'altra, mostrar que presenta elements de compatibilitat amb la possibilitat d'equivalència empírica.

Per fer-ho cal tenir en compte que hem acceptat que del postulat del realisme ontològic resulta natural atribuir una caràcter unitari al món.

En aquest sentit hem d'admetre que postular que el món és únic i que les lleis que se li apliquen haurien de tenir, sinó un registre únic, una certa vinculació lligada bé

⁷⁴ LAUDAN(1990) p.275

amb el concepte de reducció, tant metodològic com ontològic. Una unitat que lligaria amb la vinculació entre entitats dels model. En la mesura que una teoria postuli l'existència d'entitats-en-si, aquestes haurien de poder ser explicades, o reduïdes, a altres entitats més fonamentals presumiblement consolidades però també suposades, al seu torn, per teories més bàsiques. El postulat d'independència del realisme *imposa* una vinculació en termes de composició als elements que formen les diferents ontologies relacionades.

Aquesta perspectiva no és incompatible amb la constatació de la diversitat de teories disponibles per a explicar els diversos fenòmens en els diferents nivells de realitat que tracta cada teoria. Podem acceptar que, malgrat el caràcter divers i fragmentari d'aquestes explicacions hi ha motius per a pensar que les lleis físiques més fonamentals poden acabar per construir una mena d'explicació fonamental⁷⁵.

Una teoria unificada té, certament, més atractiu i resulta més convincent en la mesura que ens *acosta* a la realitat. Fins i tot ens pot ajudar a entendre l'abast de les simplificacions que es porten a terme en els models fenomenològics. Així per exemple, una consideració més bàsica de la naturalesa de l'aigua ens permet percebre que l'aigua no és ben bé un continu malgrat que des de determinats punts de vista se li pugui considerar o que la proporció en termes de massa de les molècules d'aigua no és exactament de 2 a 8, malgrat que sigui acceptable per molts casos.

Es tracta, doncs, de considerar que les substàncies que componen l'ontologia d'un determinat àmbit es puguin considerar, per exemple, compostos d'altres elements més fonamentals. En un cas així, les lleis que regulen el seu comportament poden ser tan veritables com els objectes i principis sobre els que estan constituïts.

A aquells que considerin que no està garantida la integritat ontològica del món els correspon, sinó, provar com i en quin nivell, les entitats de les quals parlem en un àmbit del coneixement es transformen en d'altres en canviar de registre.

Aquest concepte de reducció aporta un altre element d'interès. Ens proporciona un criteri per a triar entre models ontològics en conflicte. En la mesura que el fonament empíric dels dos models és el mateix està clar que aquell que es vincula de manera més clara a altres aspecte de la realitat satisfà una condició si més no preferible de la nostra explicació del món, la idea d'unitat de la realitat.

⁷⁵ Aquesta és la tesi de SKLAR(2003)

Quan parlem de reduccionisme hem de mirar de concretar a què ens referim donat que és un terme discutit amb alguns inconvenients que deriven de concepcions que no ens interessin. Podríem dir que un objecte –una teoria, una substància, una llei– es reductible a un altre quan el segon és més bàsic i fonamental o bé quan el primer no és “res més que” el segon, “ni per sobre ni més enllà”.

És conegut que hi ha diverses àrees d’aplicació d’aquest concepte que varien en la seva justificació i abast. Trobem que el reduccionisme apareix en diverses reflexions sobre les teories formals habitualment exemplificades en el camp de la física però també té un especial interès per al camp de la psicologia i la filosofia de la ment de la mateixa manera que podem parlar-ne en biologia o química.

En tots aquests àmbits trobem que el que designem per reducció pot tenir sentits diversos amb les seves corresponents dificultats.

El nostre interès principal està en establir les condicions que s’han de complir per a que es pugui donar en l’àmbit dels models ontològics. Aquestes haurien de permetre no només conèixer quan és possible efectuar una reducció sinó que també establir una definició de la mateixa.

Així, el que es coneix com a *reducció nageliana* estableix que es tracta d’un tipus de relació explicativa que es dona entre teories en cas que una sigui derivable de l’altra⁷⁶. Aquesta derivació es dona quan els axiomes de la teoria reduïda es poden formular com a teoremes de la reductora i els termes de la primera són els mateixos o es poden fer correspondre amb termes de la segona a través d’una sèrie de principis que anomenariem reductors i definicions coordinatives. En aquest cas, cal que les característiques essencials dels termes a reduir s’han d’associar a d’altres dels termes reductors de manera que les lleis que els afecten siguin deduïbles a partir de la formalització de la teoria més bàsica.

Aquest plantejament presenta alguns avantatges, en la mesura que està definit de manera força clara, sembla operatiu, i constitueix una reducció directa. A més, estableix un mecanisme compatible amb el realisme semàntic donat que permet determinar que, si les entitats reductores s’han establert com a reals, les reduïdes també ho són.

⁷⁶ V. NAGEL(1981) p.311 i s.

Però està clar que té alguns inconvenients. Així, podem notar que la definició descansa sobre una perspectiva sintàctica de les teories i per tant semblaria inabordable cap intent de reducció amb teories no formalitzades –la majoria segons la visió semàntica. Es tracta, a més, d'una reducció entre enunciats que descriu satisfactòriament la relació entre la termodinàmica i la mecànica estadística –per fer servir l'exemple de Nagel– però que no permet treballar amb teories en desenvolupament –que es poden percebre com a reductibles, igualment.

Per altra banda, aquesta concepció del reduccionisme permet caracteritzar com a reduccions situacions que no corresponen al que intuïtivament entenem com a tals. Permet justificar, per exemple, que una teoria es redueix en si mateixa o –encara pitjor– no estableix el seu caràcter asimètric i ens permet entendre que dues teories siguin mútuament reductibles.

De fet, en mirar de concretar les reduccions en àmbits determinats és habitual trobar que la mecànica nageliana no resultat viable o satisfactòria. Així, si volem explicar els mecanismes de tipus mental que es puguin donar en els anomenats sistemes intencionals sembla que, malgrat que és innegable que es tracta d'un comportament reductible a termes descriptius de tipus fiscalista no resulta ni viable ni útil recórrer a aquesta possibilitat⁷⁷. Tot i així, es tracta d'una representació que té sobretot una tasca heurística però que resulta prou visible com per a mostrar-nos que la reducció, en termes reals, existeix.

En altres casos, però, aquesta possibilitat no és tan evident –sobretot en tractar-se de situacions que no hem *construït* sinó que venen donades– de manera que el dubte sobre si hem d'acceptar que es tracta d'ontologies reductibles persisteix. Aquest dubte sobretot es fonamenta en l'absència manifesta d'una reducció en termes d'enunciats i instàncies teòriques. Així, en biologia hem de reconèixer que no disposem d'una equivalència unívoca entre el comportament químic i el molecular que ens permeti entreveure un formalisme⁷⁸. Els principis que regulen la biologia necessiten fer consideracions que no es fonamenten en cap contrapartida química, per exemple, de manera que no podem explicar-los exclusivament com una

⁷⁷ V. DENNET(1971)

⁷⁸ V. KINKAID(1990)

realització parcial dels principis generals de la teoria més bàsica. Es constata, a més, que ni tan sols ens aporta una capacitat heurística superior.

De manera similar trobem que la genètica no ens permet tampoc una reducció operativa del comportament dels individus⁷⁹ o que la química presenta també seriosos reptes a l'hora de caracteritzar els seus principis a partir d'una reducció a principis físics de nivell atòmic o quàntic⁸⁰.

És per això que es plantegen diverses possibilitats que podem considerar més laxes, menys concretes a nivell instrumental, malgrat que conservin el nostre interès filosòfic.

L'estructuralisme proposa, per exemple, alternatives que resolguin algun d'aquests inconvenients⁸¹ en definir la reducció en termes d'isomorfisme entre els models de la teoria eludint, així, la condició de formalització teòrica malgrat que es conservi –i s'estengui– l'inconvenient de la simetria fins a permetre relacions arbitràries que requereix algunes restriccions suplementàries⁸². Hi ha qui aposta, per altra banda, per una caracterització de la reducció *cas a cas*, és a dir identificant individus concrets d'una teoria amb uns altres de l'altra⁸³ com a punt de partida per a la descoberta dels mecanismes que expliquen la reducció.

Aquestes i altres propostes⁸⁴ responen a requeriments fets sobre teories i els seus termes que garanteixin la seva reductibilitat però van més enllà de les nostres ambicions.

En termes històrics, el reduccionisme nagelià es vincula especialment a l'aspiració d'unificació de les disciplines científiques o el més modest d'establir una jerarquia entre elles. Aquesta pretensió es pot materialitzar en reducció teòrica –que aspira a una immersió d'una teoria poc satisfactòria en un altra de més consolidada– o metodològica –que pretén mostrar que el millor per a explicar un fenomen és reduir-lo a entitats més fonamentals. Tots dos casos, miren d'oferir una via de

⁷⁹ V. KIMBROUGH(1979)

⁸⁰ V. VIHALEMM(2010) o HENDRY(2010)

⁸¹ V. SUPPES(1967) p.59

⁸² V. MOULINES(1984)

⁸³ KIMBROUGH(1979) p.403 ens parla de conèixer com treballen *alguns gens* si volem saber com ho fan *els gens* en determinats àmbits bioquímics

⁸⁴ V. BICKLE(1994), per exemple.

compliment a l'aspiració d'una explicació unificadora dels fenòmens descrites en les teories vinculades per la reducció.

Explicar el moviment planetari en termes que també s'apliquen la caiguda dels cossos, com va succeir en reduir les lleis de Kepler a la mecànica de Newton, entendre les processos químics a partir de la composició de la matèria a nivell subatòmic o fonamentar la termodinàmica en la mecànica estadística es pot considerar un èxit en termes científics en la mesura que respon a aquestes pretensions malgrat que ja hem vist de les seves limitacions. Així doncs, podem conformar-nos amb una perspectiva de la reducció menys ambiciosa que satisfaci de manera general aquesta pretensió. Es tracta més aviat d'una unificació explicativa, és a dir en termes de relat, més que no pas construïda sobre un conjunt de principis generals.

Per altra banda, el *reduccionisme ontològic* entès com la pretensió que la realitat es compona del mínim nombre d'entitats possibles respon a propostes metafísiques, ja sigui l'esmentada convicció de la unitat del món o la materialització del principi d'economia. Això també el distingirà en les condicions que considerem acceptables per a que es doni.

Podem considerar, però, que aquest principi presenta diferents lectures. Es pot entendre com la declaració que el tot no és res més que la suma de les parts o amb una versió més forta que considera que els conjunts d'entitats no són “reals”, sinó que es formen com a representació dels que se'ns mostra com a característiques perceptibles.

Malgrat que una reductibilitat entre teories formalitzades ens permetria conèixer el mecanisme que vincula un model ontològic amb un altre, en ser aquestes representacions abstractes la seva relació pot ser més difusa. Ja hem vist, de fet, com aquesta tipologia de reducció resulta més aviat escassa. Per tant, el que ens interessa en un cas així, és aprofitar la possibilitat que hi hagi una reducció entre entitats de diferents nivells –encara que no s'hagi formalitzat– que ens permeti establir quin model és preferible entre dues visions en conflicte.

Si l'aspiració a la intel·ligibilitat que atribuïm a la ciència s'ha d'expressar a través dels models ontològics tal com proposem és clar que aquests també es troben

subjectes a una sèrie de requeriments d'origen metafísic que cal fer explícits. Aquestes condicions responen a la nostra idea de comprensió i del que entenem per una explicació. És per això que apareix el concepte de reducció en aquest punt donat que el que considerem com a acceptable per a comprendre els fenòmens passa sovint per una apel·lació a les entitats que postulem com a dipositàries de les característiques observades.

Ara bé, quan establim quines d'aquestes entitats podem considerar com a acceptables –quins són els models ontològics que són raonables per a associar a un formalisme concret– el paper del reduccionisme és més visible.

Per una banda, en la mesura que els models ontològics són representacions d'entitats que expliquen de manera operativa les nostres observacions hi ha una apel·lació a altres propostes més familiars per a explicar-les. Ja hem observat que les descripcions d'entitats noves es fan necessàriament en base a termes més coneguts el significat dels quals és possible que s'hagi de modificar més endavant.

Aquesta descripció en termes més familiars es pot fer a partir d'analogies que ens proposen un punt de partida per a la comprensió de noves entitats a partir d'altres de similars o bé en termes de reducció de les primeres a altres de naturalesa més fonamental tot i que més conegudes.

Prenem, per exemple, el comportament dels diversos elements i la seva ordenació dins la taula periòdica. En concebre els elements químics a partir de la seva composició atòmica, més fonamental, s'obté una comprensió de per què s'organitzen com ho fan i de moltes de les seves propietats. Observem aquí dos components essencials en la utilització de la reducció d'una teoria a una altra, en el nostre cas química reduïda a física de l'àtom. Per una banda la comprensió explicativa, aspecte fonamental en l'aspiració filosòfica, i per l'altra una capacitat heurística que malgrat ser desitjable no és sempre present. Aquest és, a més, un dels poc casos on aquesta capacitat esdevé palpable⁸⁵.

La reducció ontològica permet la consideració de l'estructura de relacions entre les entitats que anomenaríem més simples com a una part fonamental de l'emergència de les entitats a explicar. És a dir, en parlar de reducció es fa servir

⁸⁵ V. HARRÉ(1970) p.18

sovint que una determinada substància o terme “no és res més que” un conjunt d’altres conceptes ontològicament més fonamentals. Però el que considerem aquí, i que entenem que els crítics no han tingut en compte⁸⁶, és que el reduccionisme ontològic no entén que la relació es dona *només* en relació a les entitats bàsiques. No és cert que un reduccionista es conformi amb una expressió del tipus “això no és res més que allò altre” sinó que, si de cas, el model ontològic que proposa la teoria a reduir es pot referir, per la seva representació, a les entitats més bàsiques *i a una estructura que les ordeni*. Aquest fet –la presència de l’estructura en un explicació reduccionista– ens permet oferir una rèplica acceptable als crítics en la mesura que es consideri que de les relacions que es donen entre les entitats procedeix l’emergència del model ontològic a reduir.

Això ens permet explicar perquè una teoria no redueix el seu model ontològic al d’una altra més bàsica. El model “reductor” resultant no seria operatiu en la mesura que, malgrat la expressar les entitats que la formen, no inclou les relacions formalitzades que permeten passar d’un terme a l’altre. És a dir, el model no seria operatiu. Així, si en l’àmbit de la química molecular procedim a operar amb models que situen els electrons en els orbitals corresponents i que expressen les característiques pròpies de la seva numeració quàntica –per exemple, ens ocupem de l’espín de l’electró– la capacitat operativa es ressentiria en proporció al nivell d’aprofundiment de la reducció. Però també és clar que el nostre exemple proporciona una excel·lent mostra de com aquesta estructura, quan és present, ens permet grans resultats explicatius com pot ser les diferents característiques que presenten els enllaços moleculars a partir de la posició dels esmentats electrons en els orbitals.

Per altra banda, la reducció ens permet obtenir un criteri per a triar entre ontologies en conflicte en teories empíricament equivalents. Des d’una perspectiva realista, com a màxim un d’aquests models ontològics pot ser cert. I ja hem vist com l’equivalència és un concepte ens remet a contextos amplis de sistemes de creences, transcendint les teories acotades, que podríem materialitzar en referir-nos a models més amplis que resolguin la indiscernibilitat.

⁸⁶ V. JONES(2000) p.14 i s.

Així doncs, la possibilitat que una d'aquestes concepcions sigui reductible ontològicament a un model d'una altra teoria més bàsica vincula la seva solidesa a la concepció, naturalment associada al realisme, d'un món unitari. Així per exemple, si deixem al marge el seu fonament empíric deficient, podem admetre que el model heliocèntric de Copèrnic i el geo-heliocèntric de Brahe⁸⁷ són empíricament equivalents en el sentit fort. És a dir, qualsevol observació d'un sistema es pot explicar en els termes de l'altre i existeix una traducció formal que ho prova. Ara bé, el model ontològic que proposen és certament diferent. Hi ha, per exemple, una consideració fonamental respecte a la condició de la terra en moviment.

Entre els dos models en conflicte, però, el de Copèrnic és més conegut. Per què? Hom dirà perquè històricament és el que va funcionar però aquest èxit es pot explicar en termes interns a la pràctica científica. En certa manera, el que el model copernicà presentava era que es mostrava ontològicament reductible als termes de la teoria que finalment va tenir èxit –això és, la mecànica de Newton– en la mesura que explicava el comportament, la ubicació, la relació de causalitat, en termes que lligaven amb el de la teoria superior.

El moviment dels planetes al voltant del sol era reductible a una causa, l'efecte gravitatori sobre els planetes, i el model de Brahe no ho permetia. La primera propiciava una explicació en forma de relat causal i unificador molt més potent que la seva alternativa.

Fonamentar la tria dels nostres models en conflicte en la possibilitat de “reduir-los” a altres de més fonamentals lliga bé amb les observacions crítiques que s'han fet de l'equivalència empírica en la línia que aquesta no incorpora condicionants contextuals que garanteixen més suport a una o altra proposat. Aquests, és clar, podrien ser de naturalesa diferent en tant que l'origen dels elements suplementaris no ha de ser necessàriament una teoria més bàsica sinó que es pot tractar d'àmbits jeràrquicament iguals⁸⁸. Però certament, aquelles teories –tal com ens mostra l'exemple– que són derivables o subsumibles a d'altres ja acceptades són incontestablement preferibles, en aportar criteris suplementaris a l'experiència.

⁸⁷ V. RIOJA i ORDÓÑEZ (2004) p.181 i s.

⁸⁸ V. LAUDAN i LEPLIN (1991) p.465

Podríem dir, fins i tot, que el sistema contextual aporta una sèrie de dades empíriques extra que decanta en favor d'un dels dos sistemes en conflicte la balança del fonament empíric i trencant l'equivalència. Això, però, mostraria que entenem el sentit fort de l'equivalència empírica d'una manera restrictiva en pensar que un model que pot descriure les mateixes experiències que un altre però que no les pot proporcionar a nivell heurístic no és equivalent a l'altre.

De fet, aquest criteri de reductibilitat d'un model a altres sistemes més fonamentals ens remet a la distinció entre models fenomenològics i ontològics que discutíem anteriorment. A l'exemple de la mecànica celeste que hem detallat trobem com la possibilitat de reduir el sistema heliocèntric de Copèrnic a un model mecànic més fonamental permet canviar de categoria tots dos models. El primer, recordem obviant tots els elements empíricament falsos, passaria a ser un model teòric de la mecànica de Newton mentre que el segon, el de Brahe, es pot considerar un model fenomenològic, amb les mateixes limitacions empíriques.

És per això que en l'àmbit de la teoria del coneixement es pot discutir sobre la conveniència o necessitat de fer ús del reduccionisme. Per una banda el paper dels models en la seva vessant heurística apunta a la fertilitat que pot donar abandonar la perspectiva que les entitats de teories "derivades" es poden explicar –i comprendre– a partir d'entitats més bàsiques però veiem que en alguns casos –hem de reconèixer que no molt abundants– la reducció amplia els nostres horitzons de coneixement més enllà de la nostra ambició de comprensió. Pels altres casos, en la mesura que la concepció de model inclou la seva operativitat –i per tant que ens permeti un nivell de manipulació mental acceptable– fa poc recomanable la substitució d'un model per un altre de més fonamental.

Ara bé, la reducció també ens pot permetre apuntar un criteri que estableixi diferències entre la representació ontològica i l'esmentada ficció útil que estableixen els models fenomenològiques. De quina manera podem fer, sinó, la distinció entre models amb una finalitat purament heurística i els que tenen pretensió explicativa en termes d'entitas existents? Per altra banda, quan podem preveure que la reducció no tindrà interès?

La reducció del model atòmic a la cromodinàmica quàntica, per exemple, té connotacions ontològiques que no semblen aparèixer en la representació del nucli amb el model de la gota d'aigua, considerada una ficció útil –fenomenològica– perquè no redueix⁸⁹.

El cas de Richard Dawkins i la seva caracterització de l'evolució vista a la secció II.2.2. tracta de ser, també, una proposta ontològica associada a entendre els éssers vius *reduïts* a vehicles de gens. Així doncs, són aquests darrers les unitats fonamentals de la teoria que es proposa. Si entenem que es tracta d'una proposta de reducció ontològica es tractaria, a continuació, de veure quins són els mecanismes estructurals que permeten l'emergència d'entitats biològiques de nivell més complex, en aquest cas dels organismes.

No ens conformaríem en acceptar que els éssers vius són grups de gens. Això no és acceptable en termes de reductibilitat. Tot i que es podria dir que el reduccionisme ontològic explicaria aquests gens com a compostos d'entitats més simples i bàsiques el que el model ens proposa és que aquest compost és *alguna cosa més*, emergeix com a entitat pròpia fonamental de la teoria sense la qual no es podria entendre la parcel·la de realitat que descriu.

Els models en economia mostren més específicament la tasca heurística en la mesura que l'economista –i el filòsof– tingui clar que els elements constitutius del model no ho són de la realitat que descriu. Podríem, per exemple, entendre que un model econòmic tracta un determinat valor o paràmetre com a “generatriu” de la descripció del model però, si en la seva visió de la realitat externa entén que el conjunt socioeconòmic que descriu és constitutivament un agregat d'individus, ho ha de fer per altres raons –com ara una perspectiva contractualista.

Malgrat tot, les entitats bàsiques presenten els mateixos problemes d'accés que qualsevol altre model ontològic. En la mesura que són les representacions postulades per una teoria per a explicar quines entitats són les responsables dels fenòmens que constatem empíricament, resulten inaccessibles de manera immediata. Això ens aboca, tant directament com en l'explicació de les nostres reduccions, a un

⁸⁹ V.SKLAR(2003) p.439

grau d'incertesa a tenir en compte. Sempre hi ha la possibilitat que tot sigui una història –com ho fou la mitologia en el seu temps– molt ben travada.

Així trobem que en parlar de les imatges que obtenim a través d'aparells de mesura com microscopis o similars podem considerar-les *al·lucinacions públiques*. Les imatges que obtenim en aquests contextos no són il·lusions –pròpies de l'àmbit privat– i per tant no desmereixen el seu paper cognitiu donat que representen els fenòmens. Al contrari, són públiques –encara més, *intersubjectives*– i són explicables en termes científics fins i tot si no estan adscrites a cap objecte concret, com seria el cas d'un arc de Sant Martí. Però presenten característiques que permeten considerar-les en aquests termes⁹⁰. Més encara, doncs, ho podem fer amb aquelles entitats de les quals només en coneixem la descripció de les seves propietats.

En certa manera, la reducció d'entitats perceptibles a d'altres d'indetectables es pot considerar –per evitar les connotacions negatives d'un engany que tampoc podem demostrar– un cas de representació col·lectiva. Objectes entesos com a cúmuls d'àtoms, que permeten explicar-ne les propietats ens remetent a la idea que el que estem veient és una al·lucinació. I així trobem com ens parlen sovint de dues maneres diferents de ser dels objectes –com el conegut cas de la taula d'Eddington⁹¹– amb la idea subjacent que una és falsa.

Però, en un cas així, cal preguntar-nos sobre la possibilitat que les entitats bàsiques a les que reduïm el nostre objecte no tinguin també una condició d'al·lucinació. Ni tant sols tenim cap indicatiu directe de l'existència d'aquestes entitats, com ja sabem.

Així, què ens fa confiar més en el model reductor que en el directe? Probablement el caràcter coral de les teories que el suporten. És a dir, si bé una llei física o una teoria pot ser considerada en solitari com una mentida és la seva vinculació amb altres teories, altres àmbits de coneixement i altres suports empírics la que garanteix la seva potència explicativa. I és així que la idea d'unicitat del món pren força.

⁹⁰ v. VAN FRAASSEN (2008) p.101 i s.

⁹¹ v. RUSSELL(2008) p.35

Renunciar al reduccionisme comporta que tot model, tota teoria, sigui en darrera instància una proposta fenomenològica, és a dir un mecanisme que funciona però que no explica perquè.

El realista, per tant, ha de tendir necessàriament a una concepció reduccionista, en l'àmbit ontològic com a mínim, per a expressar la unicitat del món i a preveure que totes les entitats postulades pel model ontològic hauran de ser tard o d'hora explicades com una reducció a entitats més fonamentals.

Aquesta condició, lluny de ser una restricció, esdevé un element útil per a la resolució de conflictes entre teories equivalents.

Aquesta possibilitat, però, només ens condueix a models plausibles de manera que ens ofereix un criteri raonable però sense garanties sobre la veracitat. Això és degut per una banda al fet que si entre dos models en conflicte descartem un perquè no disposem de mecanismes de reducció a un àmbit més fonamental no tenim cap garantia que no es pugui revisar en un futur per a fer-lo compatible. En la mesura que es tracta d'una representació sempre tenim, a més, l'amenaça de trobar una altra que sigui més convenient, en termes de reducció.

Per altra banda, en fonamentar la nostra tria en la possibilitat de reduir-lo a un model més bàsic confiem la nostra solució a la possibilitat que el model reductor estigui confirmat d'alguna manera. Estem procedint, per tant, a delegar la fonamentació ontològica en un altre àmbit que presentarà, al seu torn, un problema similar d'accessibilitat.

Considerem, per exemple, dos models ontològics evolutius com el que explica el mecanisme en base a individus i el de Dawkins construït sobre la mecànica dels gens autoreplicants. Triem el darrer perquè es tracta d'un model que connecta, en termes ontològics, millor amb les teories químiques i moleculars. Transferim, per tant, la nostra ambició explicativa a l'àmbit d'una ciència més bàsica, la química. Aquesta, al seu torn, podria tenir models ontològics diferents de manera que caldria reduir-los al de la física atòmica.

El procés de reducció ontològica fins on pot continuar? Què aplicarem en arribar als models més fonamentals? A què podem reduir les components de la

cromodinàmica quàntica? I els nostres models espaciotemporals en conflicte? Quin model podem trobar que ens permeti?

Podria donar-se el cas, per altra banda, que pels models disponibles hi haguessin les mateixes possibilitats de trobar una reducció a termes més bàsics. És a dir, podria passar que fossin igualment reductibles a sengles models en discussió en un àmbit inferior –o pitjor, al mateix model, tot i que en aquest cas ens trobaríem en posició d’afirmar que es tracta d’una identitat subjacent– o bé que cap de les ontologies en conflicte es pogués explicar en termes més essencials.

Es tracta, per tant, d’una solució parcial que, a més, descansa sobre postulats –els realistes– que es poden negar de sortida.

Ja hem vist, però, quines són les raons per a considerar el realisme una bona opció. De manera que podem invocar, un cop més, el principi de reducció per a triar, si en disposem, entre models disponibles en els àmbits més fonamentals. Es tractaria d’invertir el procés. En la mesura que un model no només expliqui els fenòmens sinó que connecti millor en termes de reductibilitat amb les ontologies superiors podem tenir elements suplementaris d’origen realista per a considerar-los preferibles.

Està clar que aquesta opció, igual que l’anterior, ens condueix a triar aquells models que mantinguin una estructura mútuament consistent i que això no ha de ser necessàriament així però el criteri d’unicitat del món ens prevé de triar els que no ho siguin.

CONCLUSIONS.

Quan hom acaba un treball d'aquesta mena toca revisar el que s'ha dit i analitzar el s'ha pogut assolir, si ha resultat útil i si obre vies per a algun recorregut ulterior. Això és, doncs, el que hem de plantejar a continuació.

En la mesura que es tracta d'un itinerari, aquesta monografia mira de lligar diversos aspectes que presenten un nivell força diferent d'acceptació. Algunes de les afirmacions formulades són discutibles mentre que d'altres formen part del lloc comú. N'hi ha que es poden considerar per separat de manera que la seva aplicació en àmbits diversos es pot fer sense haver d'assumir la resta de tesis del treball. Així per exemple, la caracterització de les ontologies en forma de model no és imprescindible per a considerar l'existència de teories empíricament equivalents incompatibles en els seus termes teòrics.

Igualment, ja hem vist que no cal fonamentar els arguments per triar entre models en conflicte a partir de les tesis realistes malgrat que és necessari, això si, acceptar la consideració de l'ontologia com un element central en la nostra formulació explicativa. Altrament no caldria ni entrar en la discussió.

Té sentit parlar de models?

En començar ens fèiem aquesta pregunta i convé, ara, avaluar si la proposta d'una concepció de les ontologies associades a les propostes científiques representa algun avantatge per a la reflexió filosòfica associada. El nostre interès no es vincula a les condicions de validesa de la ciència sinó que s'orienta, més aviat, a la capacitat que té aquesta de subministrar-nos eines de reflexió filosòfica. És a dir, més que considerar què pot ensenyar la filosofia a la ciència es centra en el que en pot aprendre.

Per tal de fonamentar una ontologia en el concepte de model calia revisar la caracterització d'aquest. Per fer-ho, ens hem guiat per una motivació que resulta interessant per si mateixa, la possibilitat d'oferir una visió unificadora de la diversitat de casos disponibles. No es tracta d'una tasca original i hem de reconèixer que no ens guiava un interès per fer propostes innovadores sinó constatar què, d'allò que s'havia dit, podia resultar útil al nostre objectiu.

Afortunadament, malgrat les discrepàncies entre autors i propostes, hem pogut observar com existeix una perspectiva que orienta la comprensió de la tasca dels

models en termes representatius que ens permet explicar amb facilitat la seva funcionalitat i les seves formes. En caracteritzar-los d'aquesta manera hem pogut observar, a més, que la concepció ontològica hi enllaçava de manera natural de tal forma que semblava lògic tipificar-la com un model més.

La designació en aquests termes facilita la percepció de les característiques de l'ontologia que es vinculen a la representativitat: la varietat de propostes, la seva relació amb les suposades entitats que hi ha darrera dels fenòmens o la capacitat explicativa. Totes elles es tornen més comprensibles en percebre-les en termes de model.

Per altra banda, aquesta perspectiva ens permet entendre que les formalitzacions teòriques, en la mesura que s'expressen en termes d'entitats i relacions causals per explicar els fenòmens, poden ser considerades fonts per a un model que representi aquests darrers. Així doncs, les teories es poden caracteritzar com associades a una ontologia que les permet diferenciar d'una ficció fenomenològica.

La consideració de l'ontologia com un model recupera una certa consciència kantiana de la percepció i ens recorda que les nostres atribucions en termes de substàncies tenen una component de representació i per tant de subjectivitat. Però aquesta ontologia és una condició imprescindible per a entendre aquestes propostes com a explicatives de manera que podem considerar-les una característica distintiva. Tanmateix, aquesta conclusió depèn d'una recuperació d'un concepte clàssic d'explicació de manera que es faci en termes d'entitats que unifiquin les diverses experiències.

L'existència de diversos models explicatius, però, ens recorda que aquesta ambició té una contrapartida, que és la nostra incapacitat epistemològica per a trobar les propostes veritables tot i que no ens parla de la incapacitat del món de tenir-les.

A l'hora de parlar de casos concrets que puguin il·lustrar aquestes afirmacions ens hem centrat en alguns exemples de la mecànica celeste clàssica, la biologia evolutiva o fins i tot la química però sobretot hem mirat de reconèixer aquests elements en relació a la teoria relativista. Aquesta tria no ha estat casual, donat que bona part de les consideracions que es fan venen inspirades per la pròpia recerca d'altres aspectes en relació a aquesta temàtica.

Per altra banda, la consideració sobre els mecanismes que tenim per a obtenir els models ontològics d'una formulació teòrica ens ha portat a comprovar que no en deriva de manera unívoca i natural. En els casos on hi ha una renúncia a una formulació si que es pot observar una progressiva transformació dels termes formals en entitats representatives però, en general, la proposta ontològica és prèvia –o simultània– a la construcció del formalisme. Hem vist, a més, que és possible fer lectures ontològiques dels principis de la teoria que ens remetent a considerar que el model no és únic de manera que podem tenir dues formulacions que es tradueixin els mateixos fets empírics. Amb les reserves, això si, que puguin derivar de considerar que les nostres dades es poden veure determinades en gran mesura per aquesta descripció.

De manera que ens trobem amb una concepció de teoria sensiblement diferent en admetre que juntament amb les lleis i principis formals hi ha d'haver una proposta ontològica associada. Des d'una perspectiva així, la idea que és possible trobar teories empíricament equivalents esdevé més natural.

Finalment hem optat per desenvolupar algunes estratègies per a la distinció entre aquestes teories que incorpori l'element ontològic. Hem vist que es pot aprofitar d'alguna manera les consideracions que fa el realisme al respecte de manera que el repte plantejat per l'equivalència es pogués resoldre d'alguna manera acceptable.

Òbviament, a totes aquestes consideracions es pot respondre amb la negació, d'entrada, de la necessitat de recórrer als models. Però fins i tot si rebutgem l'ús del terme en si –i optem per considerar l'ontologia des d'una perspectiva diferent, per exemple adscrivint-la directament als termes formals– hem d'admetre que no podem renunciar a la idea de la comprensió a partir de les entitats postulades.

Una posició d'aquesta mena –la renúncia a parlar d'entitats, limitant-nos a oferir proposicions sobre fets observables– està condemnada al fracàs en la mesura que les mateixes entitats formals, encara que es considerin inicialment com a ficcions, passen a prendre el lloc de l'ontologia més enllà dels nostres plantejaments. Encara que es comenci per considerar-les ficcions útils, aquestes prenen paulatinament el lloc de l'ontologia com si es tractés de l'expressió de la nostra tendència mental a parlar en termes de substàncies. La diversitat ontològica que s'observa en discutir les

interrelacions de les teories de diferents àmbits n'és una mostra. Podríem dir que negar la capacitat de les nostres teories per descriure'ns el que existeix és un exercici d'expressió del que hauria de passar més que no pas una descripció del que succeeix de manera que, si bé es pugui considerar una aspiració lloable, no resulta viable.

Això no vol dir, és clar, que aquesta ontologia tingui cap garantia de ser fidel a la realitat sinó que es tracta de constatar que les nostres explicacions del món han de contenir una component d'aquesta mena, més enllà d'altres característiques com les predictives o organitzatives.

Així doncs, sembla més honest reconèixer aquesta necessitat natural del nostre coneixement i passar a formular-ho explícitament, com també resulta preferible fer-ho en els termes que ens permetin ser conscients de les limitacions d'aquesta idea. Els models representen una eina excel·lent per aquesta darrera tasca.

La problemàtica quàntica

Si considerem provada la utilitat d'aquesta perspectiva en l'anàlisi de les discursos científics podem proposar per a futurs treballs una extensió als àmbits que no han estat tractats aquí.

La consideració dels elements ontològics en termes de model o representació postulada ens remet de manera ineludible a la gran inspiradora de qüestions filosòfiques en aquesta àrea, la mecànica quàntica. Donat que entrar en aquest camp hagués excedit amb escreix al temps i els recursos de l'autor s'ha optat per deixar aquest estudi per a més endavant. Ara és un bon moment per a fer-ne alguns apunts en relació al que hem establert a la monografia tot assenyalant que, en tractar-se d'una reflexió sobre la marxa, és probable que quedin fora molts aspectes rellevants.

És conegut que la recerca d'una ontologia associada a les lleis i postulats de la mecànica quàntica és encara un problema obert. Aquesta falta de conclusions definitives ha alimentat de manera important la tendència prèvia de justificació de la ciència al marge de la metafísica. Però l'abundant literatura al respecte ens mostra que ha estat un esforç sense èxit.

Els primers intents es van fer en la línia de la renúncia a oferir una ontologia –i hem d'admetre que en la pràctica científica no es pot esperar a que es resolgui la

discussió sobre l'estatut ontològic dels termes que la mecànica fa servir— però des d'una perspectiva filosòfica ja es podia suposar que seria difícil renunciar a una ambició que trobem en el naixement mateix de la darrera disciplina.

Certament, però, l'estat de la qüestió en aquest moment és que disposem de diversos models —amb contrapartides empíriques diverses— d'una manera que — en altres àmbits— ens suggeriria que ens trobem en la fase de desenvolupament de la teoria. Pel que fa a la seva configuració ontològica, probablement és així.

Les propostes empíricament més sòlides aporten models ontològics que s'enfronten a les nostres concepcions més habituals. Els termes de l'explicació que ofereixen presenten alguns conflictes amb la nostra concepció intuïtiva de manera que tendim a fer-ne un tractament essencialment fenomenològic, és a dir a partir de la formulació que permet explicar la col·lecció de fenòmens disponibles.

Però, de quines entitats ens parla? Aquesta pregunta ja és implícita des dels primers passos de la teoria. La dualitat entre ona i corpuscle ens remet a aquesta qüestió des de bon principi i sembla que es pogué resoldre en formular les experiències en termes vectorials —d'un espai de Hilbert, tanmateix— referits a estats i observables. Comprensiblement hom es pregunta al respecte a què ens referim. Estats de què? Observables vol dir que es tracta d'una qualitat que podem notar empíricament? Una qualitat de “qui”?

En aquest sentit hem de considerar més honestos els intents agosarats de propostes per una ontologia que no una fugida instrumentalista. Si més no, lliga més bé amb la perspectiva d'aquest treball. De fet, la renúncia a aportar cap explicació ontològica pot conduir, com hem vist, a l'acceptació gradual de la pròpia notació en aquests termes de manera que no podem garantir que sigui factible.

Així, resulta notable una concepció derivada d'una perspectiva com la de *it from bit*¹ (Wheeler, altre cop) que precisament afronta aquesta tendència a omplir buits ontològics amb les entitats que hi trobem designades en el formalisme. Certament, la consideració de les unitats d'informació —els bits— com a constitutius de la realitat enllaça prou bé amb la limitació de les nostres consideracions als termes d'una teoria formalitzada com la mecànica quàntica. Si no m'equivoco —m'hi refereixo de

¹ v. WHEELER(1990) p. 310

memòria— propostes similars es van poder sentir en el congrés internacional d'ontologia del 2012 a San Sebastià² de la veu dels professors Zeilinger i Cabello quan se'ls va interrogar sobre aquesta qüestió.

En tot cas, les nombroses interpretacions de la mecànica amb ontologies molt diverses ens mostren la possibilitat esmentada d'una equivalència empírica en teories de models incompatibles. Podem conformar-nos amb la idea que es tracten de ficcions útils per a obtenir prediccions mentre renunciem a la possibilitat d'una explicació en termes més tradicionals? Podem acceptar, en general, una teoria que en darrer terme sembla una proposta fenomenològica? En fer-ho renunciem a la possibilitat que sigui una teoria explicativa en els termes expressats aquí, tal com expressa Salmon a la seva anàlisi³.

Sembla clar que els fenòmens observats en quàntica ens obliguen a replantejar les condicions imposades a un model ontològic com a imprescindibles. Ens obliguen, per tant, a revisar les condicions que podríem haver considerat *a priori* en un plantejament sobre els criteris a complir. Algunes d'aquestes condicions apareixen, certament, com a obsoletes però no està clar a quines hem de renunciar. Hem de considerar acceptable una explicació que renuncia a la localitat? És assumible per al nostre coneixement el concepte de separabilitat? Podem considerar explicativa una teoria no determinista? Aquests són, certament, requeriments realistes que han portat a fer propostes amb grau considerable d'exotisme.

Però la nostra aposta no ha estat explícitament per aquesta perspectiva. Si de cas hem vist que l'anàlisi proposat no és incompatible amb una visió realista. Sobre la possibilitat que la mecànica quàntica si que mostri aquesta incompatibilitat ja hi ha tota mena de treballs.

Preguntes obertes

Interroguem-nos, per acabar, sobre una sèrie de qüestions respecte el que hem vist que ens poden suggerir nous itineraris partint d'aquí. Suggereixen noves vies de recerca i sobretot algun àmbit d'aplicació del que hem esmentat en relació a la quàntica com també a la seva vinculació amb altres àrees.

² X International Ontology Congress. Physis. *From Elementary Particles to Human Nature*. San Sebastián/Barcelona 1-9 d'octubre de 2012

³ SALMON(1990) p.101

En primer lloc, constatem que mentre no va estar disponible cap experiència viable sobre la discussió d'EPR no es van considerar els dos models en conflicte – variables ocultes i interpretació de Copenhaguen– com a equivalents sinó que es va preferir la segona. Quines raons es van adduir per a fer-ho? Sembla que sobretot hi havia motivacions en contra dels aspectes metafísics que motivaven els realistes de manera que podria resultar interessant observar des d'una perspectiva històrica quins foren aquests arguments. Certament aportaria casos reals –amb els seus inconvenients, també– a la discussió sobre el criteri per a triar entre teories equivalents i podria afegir elements de valor a l'ampliació de criteris suplementaris per triar una teoria.

En segon lloc, hauríem de considerar les propostes ontològiques que han anat apareixent i veure fins a quin punt reformulen el debat obert aquí. Bell, per exemple, formula una teoria que anomena “dels *beables* locals”⁴ com a elements descriptibles en termes clàssics que tenen alguna mena de sentit “físic”. Ho fa amb l'esperança de desenvolupar alguna noció de causalitat. Són els *beables* de Bell un tipus de model ontològic? Què aporten a la nostra tesi? Què podem aprendre d'altres propostes o dels elements que puguin compartir a aquest nivell, com ara el caràcter universal de la funció d'ona?

En relació al recurs a la reducció per a triar entre models en conflicte, com es relaciona la mecànica quàntica amb altres propostes fonamentals, com la teoria quàntica de camps o la cromodinàmica? En el nostre cas també hem de parlar de la teoria relativista. Però, que podem fer ara per ara si ambdues teories presenten incompatibilitats? Apuntàvem, també, la possibilitat de considerar-la també en sentit contrari de manera que fos un argument a favor d'un model ontològic la seva facilitat per a vincular-se amb altres models de teories d'un ordre superior amb l'esmentada reducció. És a dir, apostant també per aquells models que facilitessin la reducció d'altres ontologies. Aquest és un problema que va més enllà de la qüestió plantejada i toca directament a la qüestió de la unitat del món. Quin plantejament s'ha fet fins ara? És un inconvenient per a la concepció realista més greu que el que planteja l'èxit de la interpretació estàndard en les experiències d'EPR? O s'ha posat el seu tractament a la espera d'una teoria unificada?

⁴ BELL(1990) cap.5

Aquestes qüestions, formulades al vol i sense aturar-nos a considerar les contribucions al respecte, ens remetent a l'àmbit d'aplicació de la perspectiva defensada en aquesta monografia en relació a la mecànica quàntica. Expressen, per tant, la convicció que ens permeten fer preguntes amb algun sentit i que l'esforç per les respostes ens pot aportar alguna cosa per clarificar les implicacions del que es coneix ara per ara.

Sigui quin sigui, però, l'àmbit d'aplicació de la nostra reflexió sempre hi ha implícit en un treball d'aquestes característiques que faci alguna aportació en el camp on es desplega i que la seva lectura no representi una completa pèrdua de temps. Aquesta és, sens dubte, l'aspiració principal de l'autor i en això diposita la seva confiança.

REFERÈNCIES.

- ACHINSTEIN, Peter (1971) *Concepts of Science: a philosophical analysis*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- ANDERSON, Edward (2004) *Geometrodynamics: Spacetime or Space?* London: Queen Mary, University of London URL=<<http://arxiv.org/pdf/grqc/0409123.pdf>>
- ARISTÓTELES (1982) *Tratados de lógica*. Madrid: Gredos.
- (1998) *Física*. Madrid: Gredos.
- ARNOWITT, R.; DESER, S.; MISNER, C. (1959) «Dynamical Structure and Definition of Energy in General Relativity» a: *Physical Review*. v.116 p.1322-1330.
- ASPECT, Alain; GRANGIER, Philippe; ROGER, Gérard (1981) «Experimental Tests of Realistic Local Theories via Bell's Theorem» a: *Physical Review Letters*. v.47 p.460-463.
- BAILER-JONES, Daniela (2002) «Models, Metaphors and Analogies» a: *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. P. Machamer and M. Silberstein (ed.) Oxford:Blackwell Publishers p.108-125 cap.6.
- BALDNER, Kent (1996) «Subjectivity and the Unity of the World» a: *The Philosophical Quarterly*. Oxford University Press. v.46 p.333-346.
- BALZER, et al. (ed.) (1984) *Reduction in Science*. Dordrecht: Reidel Publishing.
- BELL, John S. (1964) «On the Einstein Podolsky Rose Paradox» a: *Physics*. v.1 p.195-200.
- BICKLE, John (1992) «Mental Anomaly and the New Mind-Brain Reductionism» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.59 p.217-230.
- BLACK, Max (1966) *Modelos y metáforas*. Madrid: Tecnos.
- BLOOR, David (1981) «The Strengths of the Strong Programme» a: *Philosophy of the Social Sciences*. v.11 p.199-214.
- BOLTZMANN, Ludwig (1974) *Theoretical physics and philosophical problems*. Brian McGuinness (ed.) Dordrecht: Reidel Publishing.
- BORN, Max (1953) «Physical Reality» a: *The Philosophical Quarterly*. Oxford University Press v.3 p.139-149.
- BOYD, Richard N. (1973) «Realism, Underdetermination, and a Causal Theory of Evidence» a: *Noûs*. Wiley v.7 p.1-12.
- BRAITHWAITE, Richard B. (1953) *The scientific explanation*. Bristol: Cambridge University Press.
- (1962) «Models in the Empirical Sciences» a: *Logic, methodology and philosophy of science. Proceedings of the 1960 International Congress*. E. Nagel, P. Suppes, A. Tarski (ed.) Stanford University Press p.224-231.
- BRODBECK, May (1959) «Models, Meanings and Theories» a: *Symposium on Sociological Theory*. L. Gross (ed.) Evanston p.579-600.
- BROWN, James Robert (1993) *The Laboratory of the Mind*. New York: Routledge.
- (2004) «Why Thought Experiments Transcend Empiricism» a: *Contemporary debates in philosophy of science*. C. Hitchcock (ed.) Oxford: Blackwell p.23-43.

- CAMPBELL, Norman R. (1957) *Foundations of Science*. New York: Dover.
- CARNAP, Rudolf (1970) *Fundamentos de lógica y matemáticas*. Madrid: Ediciones Josefinas Betancor.
- CARTWRIGHT, Nancy (1999) *The Dappled World: a study of the boundaries of science* Cambridge: Cambridge University Press
- (1999a) «Quantum Hamiltonians and the BCS model of superconductivity» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.241-281.
- (2003) *How the Laws of Physics Lie*. Oxford Scholarship Online.
- CLARKE, Steve (2001) «Defensive Territory for Entity Realism». *The British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford University Press.
- COHEN, Martin (2010) *El escarabajo de Wittgenstein y otros 25 experimentos mentales más*. Madrid: Alianza.
- DA COSTA, Newton; FRENCH, Steven (2000) «Models, Theories, and Structures: Thirty Years On» a: *Philosophy of Science*. Supplement. Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. University of Chicago Press v.67 p.116-127.
- DAWKINS, Richard (1982) *The Extended Phenotype*. New York: Oxford University.
- (1994) *El gen egoísta*. Barcelona: Salvat.
- DENNETT, D.C. (1971) «Intentional Systems» a: *The Journal of Philosophy*. v.58 p. 87-106.
- DIEZ, Jose A.; MOULINES, C. Ulises (1999) *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- DUHEM, Pierre (1962) *The Aim and Structure of Physical Theory*. New York: Princeton University Press.
- EARMAN, John (1989) *World-Enough and Space-Time*. Cambridge, Ma.: MIT Press.
- ECO, Umberto (1988) *Signo*. Barcelona: Labor.
- EINSTEIN, A.; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. (1935) «Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?» a: *Physical Review*. v.47 p.777-780.
- EINSTEIN, Albert (1918) «Principles of General Relativity» a: *Annalen Physik Leipzig*. v.55 p.241-245.
- (1995) «Autobiographical Notes» a: *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. P.Schilpp (ed.) Open Court p.1-95.
- (1998) *La teoría de la relatividad i altres textos*. Barcelona: IEC/Eumo/Pòrtic.
- (2005) *El significado de la relatividad*. Madrid: Espasa-Calpe.
- EINSTEIN, A.; GRÜNBAUM, A. et al. (1973) *La teoría de la relatividad*. L. Pearce Williams (ed.) Madrid: Alianza Universidad
- FALGUERA LÓPEZ, José Luis (1992) «La noción de modelo en los análisis de la concepción estructuralista» a: *Agora, papeles de filosofía*. Universidade de Santiago de Compostela p.97-104.
- (1994a) «Unidad de noción bajo los usos del término 'Modelo' en las ciencias matemáticas y factuales» a: *Contextos*. Universidad de León p.221-243.

- (1994b) «La Naturaleza Representacional de los Modelos» a: *Endoxa: Séries Filosóficas*. Madrid: UNED v.3 p.7-29.
- FEYERABEND, Paul (1986) *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos.
- FIELD, Hartry H. (1980) *Science without numbers*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- FRIEDMAN, Michael (1974) «Explanation and Scientific Understanding» a: *The Journal of Philosophy*. v.71 p.5-19.
- (1991) *Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo*. Madrid: Alianza Universidad.
- FRIGG, Roman (2006) «Scientific representation and the Semantic View of Theories» a: *Theoria*. v.55 p.49-65.
- GALILEI, Galileu (1994) *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Antonio Beltrán Marí (ed.) Madrid: Alianza.
- GIBBARD, A.; VARIAN, H.R. (1978) «Economic Models» a: *The Journal of Philosophy*. v.75 p.664-677.
- GIERE, R.; BICKLE, J.; MAULDIN, R. (2006) *Understanding Scientific Reasoning*. Toronto: Thomson Wadsworth.
- GIERE, Ronald N. (1985) «Constructive realism» a: *Explaining Science*. P. M. Churchland et C. A. Hooker (ed.) Chicago: Chicago University Press. p.75-98.
- (1988) *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- (2004) «How Models Are Used to Represent Reality» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.71 p.742-752.
- GILLIES, Donald (1993) *Philosophy of science in the twentieth century: four central themes*. Oxford: Blackwell.
- GLYMOUR, Clark (1971) «Theoretical Realism and Theoretical Equivalence» a: *Boston Studies in the Philosophy of Science. Biennial Meeting (1970: Boston)*. v.8 p.275-288.
- GÖDEL, Kurt (1981) *Obras completas*. Madrid: Alianza.
- GOODMAN, Nelson (1983) *Fact, Fiction and Forecast*. Cambridge, Ma.: Harvard University Press.
- GRÜNBAUM, Adolf (1973) *Philosophical Problems of Space and Time*. Robert S. Cohen and Marx W. Wartofsky (ed.) Dordrecht: Reidel Publishing.
- HAAVELMO, T.M. (1944) «The Probability Approach in Econometrics» a: *Econometrica*. p.1-118.
- HACKING, Ian (1983) *Representing and Intervening*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- HAWKING, Stephen (1993) *Historia del tiempo*. Barcelona: RBA
- HARRÉ, Rom (1970) *The Principles of Scientific Thinking*. Chicago: University of Chicago Press.
- HARRIS, Todd (2003) «Data Models and the Acquisition and Manipulation of Data» a: *Philosophy of Science. Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. S. Mitchell (ed.) Chicago University Press p.1508-1517.
- HAUSMAN, Daniel (1992) *The Inexact and Separate Science of Economics*. New York: Cambridge University Press.

- HEMPEL, Carl (1962) «Explanation in Science and History» a: *Frontiers of Science and Philosophy*. R.D. Colodny (ed.) Pittsburgh: The University of Pittsburg Press p.9-19.
- (2002) «Two Models of Scientific Explanation» a: *Philosophy of Science. Contemporary Readings*. Y. Balashov and A. Rosenberg (ed.) London: Routledge p.45-55.
- (1984) *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza.
- HEMPEL, Carl; OPPENHEIM, Paul (1948) «Studies in the Logic of Explanation» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.15 p.135-175.
- HENDRY, Robin F. (2010) «Ontological Reduction and molecular structure» a: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. v.41 p.183-191.
- HESSE, M.B. (1953) «Models in Physics» a: *British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford.
- (1963) «A New Look at Scientific Explanation» a: *Review of Metaphysics*. v.17 p.98-108.
- (1970) *Models and Analogies in Science*. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- HILBERT, David; COHN-VOSSEN, Stephan (1952) *Geometry and the Imagination*. New York: Chelsea Publishing.
- HITCHCOCK, Christofer (ed.) (2004) *Contemporary debates in philosophy of science*. Oxford: Blackwell.
- HOEFER, C.; ROSENBERG, A. (1994) «Empirical Equivalence, Underdetermination, and Systems of the World» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.61 p.592-607.
- HOSPERS, J. (1946) «On Explanation» a: *Journal of Philosophy*. v.13 p.337-356.
- HUGUES, R.I.G. (1997) «Models and Representation» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.64 p.325-336.
- HULL, David L. (1977) «The Ontological Status of Species as Evolutionary Units» a: *Foundational Problems in the Special Sciences*. R. Butts and J. Hintikka (ed.) Dordrecht: Reidel Publishing Co. p.91-102.
- HUME, David (2005) *Tratado de la naturaleza humana*. Madrid: Tecnos.
- HUTTEN, E.H. (1953) «The Role of Models in Physics» a: *British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford University Press v.4 p.284-301.
- JONES, Richard H. (2000) *Reductionism: Analysis and the Fullness of Reality*. London: Associated University Press.
- KANT, Immanuel (1997) *Crítica de la razón pura*. Madrid: Alfaguara.
- (1999) *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de presentarse como ciencia*. Madrid: Ágora de Ideas. Istmo.
- KINCAID, Harold (1990) «Molecular Biology and the Unity of Science» a: *Philosophy of Science* University of Chicago Press. v.57 p.575-593.
- KIMBROUGH, Steven O. (1979) «On the Reduction of Genetics to Molecular Biology» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press. v.46 p.389-406.
- KITCHER, Philip (1989) «Explanatory Unification and the Causal Structure of the World» a: *Scientific Explanation*. P. Kitcher and W.C. Salmon (ed.) Minneapolis: University of Minnesota Press p.410-505.

- KUHN, Thomas S. (1975) *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- (1978) *La revolución copernicana*. Barcelona: Orbis.
- KUKLA, Andre (1996) «Does Every Theory have Empirically Equivalent Rivals?» a: *Erkenntnis*. Kluwer Academics v.44 p.137-166.
- LAKATOS, Imre (1970) «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes» a: *Criticism and the Growth of Knowledge*. I. Lakatos and A. Musgrave (ed.) Cambridge University Press p.91-196.
- (1993) *La metodología de los programas de investigación científica*. Juan Carlos Zapatero (ed.) Madrid: Alianza Universidad.
- LAUDAN, Larry (1977) *Progress and its problems*. London: Routledge & Kegan Paul.
- (1990) «Demystifying Underdetermination» a: *Scientific Theories*. Wade Savage (ed.) Minneapolis: Minnesota Studies in the Philosophy of Science v.14 p.267-297.
- LAUDAN, L.; LEPLIN, J. (1991) «Empirical Equivalence and Underdetermination» a: *Journal of Philosophy*. v.88 p.269-285.
- LEATHERDALE, W.H. (1974) *The Role of Analogy, Model and Metaphor in Science*. Amsterdam: North-Holland Publishing.
- LEPLIN, Jarrett (1997) *A novel defense of scientific realism*. New York: Oxford University.
- LIPTON, Peter (1991) *Inference to the Best Explanation*. London and New York: Routledge
- LYNCH, Peter (2008) «The origins of computer weather prediction and climate modeling» a: *Journal of Computational Physics*. www.sciencedirect.com v.227 p.3431-3444.
- MACH, Ernst (1974) *The Science of Mechanics*. La Salle, Il.: Open Court Publishing.
- MAXWELL, Grover (1962) «The Ontological Status of Theoretical Entities» a: *Scientific Explanation, Space and Time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. H. Feigl and G. Maxwell (ed.) Minneapolis: University of Minnesota Press p.3-27.
- MAXWELL, James C. (1965) *The Scientific Papers*. W.D. Niven (ed.) New York: Dover .
- MCMULLIN, Ernan (1968) «What do physical models tell us? » a: *Logic, methodology and philosophy of science III : proceedings of the Third International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science, Amsterdam, 1967*. B. Van Rootserlaar, J.F. Staal (ed.) Amsterdam : North-Holland p.385-396.
- MILL, John Stuart (1981) *A System of Logic Ratiocinative and Inductive*. J.M. Robson (ed.) Toronto: University of Toronto Press.
- MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (1999) *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1999a) «Models as mediating instruments» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.10-37.
- MORGAN, Mary S. (1990) *The History of Econometric Ideas*. New York: Cambridge University Press.
- (1999) «Learning from models» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.347-385.
- (2004) «Imagination and Imaging in Model Building» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.71 p.753-766.

- MORRISON, Margaret (1999) «Models as autonomous agents» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.38-65.
- MOULINES, Ulises (1984) «Ontological Reduction in the Natural Sciences» a: *Reduction in Science*. W. Balzer, D. Pearce, H.J. Schmidt (ed.) Reidel p.51-69.
- NAGEL, Ernest (1935) «The logic of reduction in the sciences» a: *Erkenntnis*. Kluwer Academics v.5 p.46-52.
- (1981) *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós.
- NEWTON, Isaac (1987) *Principios matemáticos de filosofía natural*. Antonio Escohotado (ed.) Madrid: Tecnos.
- NEWTON-SMITH, W.; LUKES, S. (1980) «The Underdetermination of Theories by Data» a: *Rationality in Science*. N.R. Hilpinen (ed.) Dordrecht: Reidel v.105 p.71-91.
- NEWTON-SMITH, W. (2000) *A companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell.
- NORTON, John (1994) «Why Geometry is not Conventional» a: *Semantical Aspects of Spacetime Theories*. U. Maier and J. Schmidt (ed.) Mannheim: B.I. Wissenschaftsverlag p.159-167.
- (1996) «Are thought experiments just what you thought? » a: *Canadian Journal of Philosophy*. v.26 p.333-366.
- (2004) «Why Thought Experiments do not Transcend Empiricism» a: *Contemporary debates in philosophy of science*. C. Hitchcock (ed.) Oxford: Blackwell p.44-66.
- PLATON, (1992) *La República*. Madrid: Gredos.
- POINCARÉ, Henri (1968) *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion.
- PSILLOS, Stathis (1999) *Scientific Realism. How Science tracks truth*. London: Routledge.
- QUINE, Willard O. (1951) «Two dogmas of Empiricism» a: *The Philosophical Review*. v.60 p.20-43. También a QUINE(1962).
- (1962) *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona: Ariel.
- (1970) «On the Reasons for Indeterminacy of Translation» a: *The Journal of Philosophy*. v.67 p.178-183.
- RADA, Eloy (ed.) (1980) *La Polémica Leibniz-Clarke*. Madrid: Taurus.
- RAE, Alastair I. M. (1998) *Física cuántica: ilusión o realidad?*. Miguel Ferrero Melgar ed.) Madrid: Alianza.
- RAILTON, Peter (1981) «Probability, Explanation and Information» a: *Synthese*. v.48 p.223-256.
- RAPPAPORT, Steven (1998) *Models and Reality in Economics*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- RAY, Christofer (1991) *Time, Space and Philosophy*. London: Routledge.
- REDHEAD, Michael (1980) «Models in Physics» a: *British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford University Press v.31 p.145-163.
- REICHENBACH, Hans (1938) *Experience and Prediction*. Chicago: University of Chicago Press.
- (1957) *The Philosophy of Space and Time*. New York: Dover.
- RIOJA, Ana; ORDÓÑEZ, Javier (2004) *Teorías del universo. Vol. I*. Madrid: Síntesis.

- RIVADULLA, Andrés (2006) «Metáforas y modelos en ciencia y filosofía» a: *Revista de filosofía*. v.31 p.189-202.
- ROMERO RUIZ, Jaume (2000) «Consideraciones de carácter ontológico de las teorías espacio-temporales» a: *Actas del III Congreso de la Sociedad de lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España (Donostia-San Sebastián, 26-29 de abril de 2000)*. M. de Mora, A. Ibarra, E. Pérez, E. Pérez, I. Sánchez (ed.) Donostia-San Sebastian: Universidad del País Vasco p.249-254.
- (2011) «Implícits filosòfics del convencionalisme en la geometria espaciotemporal» a: *Màster en Iniciació a la Recerca en Humanitats: Història, Art, Filosofia, Llengua i Literatura*. Girona: Universitat de Girona URL= <<http://hdl.handle.net/10256/3337>> [Consulta: 9 setembre 2014].
- (2012) «Sobre las implicaciones epistemológicas del convencionalismo geométrico» a: *Ontology Studies / Cuadernos de Ontología*. V. Gómez Pin (ed.) Barcelona: Universidad del País Vasco/ Universitat Autònoma de Barcelona v.12 p.363-372.
- RUSSELL, Bertrand (2008) *Els problemes de la filosofia*. Girona: Accent
- RUTTKAMP, Emma (2002) *A Model-Theoretic Realist Interpretation of Science*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- SALMON, Wesley C. (1990) «Scientific Explanation: Causation and Unification» a: *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofia*. v.22 p.3-21.
- SCHRÖDINGER, Erwin (1980) «The Present Situation in Quantum Mechanics» a: *Proceedings of the American Philosophical Society*. v.124 p.323-338.
- SCRIVEN, Michael (1958) «Definitions, Explanations and Theories» a: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. H. Feigl, M. Scriven and G. Maxwell (ed.) Minneapolis: University of Minnesota Press .
- (1962) «Explanations, Predictions and Laws» a: *Scientific Explanation, Space and Time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. H. Feigl and G. Maxwell (ed.) Minneapolis: University of Minnesota Press p.170-230.
- (1963) «The Temporal Asymmetry between Explanations and Predictions» a: *Philosophy of Science. The Delaware Seminar*. B. Baumrin (ed.) New York: John Wiley .
- SKLAR, Lawrence (1975) «Methodological Conservatism» a: *Philosophical Review*. v.84 p.384-400.
- (1977) *Space, time and spacetime*. Berkeley, LA: University of California Press.
- (1985) *Philosophy and Spacetime Physics*. Berkeley, LA: University of California Press.
- (1994) *Filosofia de la Física*. Madrid: Alianza Universidad.
- (2003) «Dappled Theories in a Uniform World» a: *Philosophy of Science* University of Chicago Press. v.70 p. 424-441.
- SMITH, David Eugene (1959) *A Source Book in Mathematics*. New York: Dover.
- SNEED, Joseph D. (1979) *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel Publishing.
- SPECTOR, Marshall (1965) «Models and Theories» a: *The British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford University Press v.16 p.121-142.

- STANFORD, Kyle (2013) «Underdetermination of Scientific Theory» a: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edward N. Zalta (ed.) URL=<<http://plato.stanford.edu/archives/win2013/entries/scientific-underdetermination/>>.
- STEGMÜLLER, Wolfgang (1983) *Estructura y dinámica de teorías*. Barcelona: Ariel
- SUÁREZ, Mauricio (1999) «The role of models in the application of scientific theories: Epistemological implications» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.168-196.
- (2003) «Scientific representation: against similarity and isomorphism» a: *International Studies in the Philosophy of Science*. v.17 p.225-244.
- SUPPE, Frederick (1989) *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Chicago: University of Illinois Press.
- SUPPES, Patrick (1960) «A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences» a: *Synthese*. Kluwer Academic v.12 p.287-301.
- (1962) «Models of Data» a: *Logic, methodology and philosophy of science. Proceedings of the 1960 International Congress*. E. Nagel, P. Suppes, A. Tarski (ed.) Stanford University Press p.252-261.
- (1967) «What is a scientific theory? » a: *Philosophy of science today*. Sidney Morgenbesser (ed.) p.55-67.
- SYNGE, John L. (1976) *Hablando de la relatividad*. Pamplona: Eunsa.
- TARSKI, Alfred (1953) «A General Method in Proofs of Undecidability» a: *Undecidable Theories*. L.E.J. Brouwer, E.W. Beth, A. Heyting (ed.) Amsterdam: North Holland p.1-30.
- TELLER, Paul (2004) «How We Dapple the World» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press. v.71 p.425-447.
- TORRETTI, Roberto (1984) *The Philosophy of Geometry from Riemann to Poincaré*. Dordrecht: Reidel Publishing.
- VAIHINGER, H. (1935) *The Philosophy of 'As if'*. London: Routledge & Kegan Paul.
- VAN DER BOGAARD, Adrienne (1999) «Past measurements and future prediction» a: *Models as Mediators*. M. Morgan and M. Morrison (ed.) Cambridge University Press p.241-281.
- VAN FRAASSEN, Bas (1977) «The Pragmatics of Explanation» a: *American Philosophical Quarterly*. v.14 p.143-150.
- (1985) *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*. New York: Columbia University Press.
- (1985a) «On the question of Identification of a scientific theory» a: *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*. v.17 p.26-29.
- (1996) *La imagen científica*. México: Paidós.
- (2008) *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. Oxford: Clarendon Press.
- VIHALEMM, Rein (2010) «The autonomy of chemistry: old and new problems» a: *Foundations of Chemistry*. v.13 p.97-107.
- WARTOFSKY, Marx W. (1979) *Models. Representations and the Scientific Understanding*. Dordrecht: Reidel Publishing.

- WHEELER, John A. (1962) «Curved Empty Space-Time as the Building Material of the Physical World: An assessment» a: *Logic, methodology and philosophy of science. Proceedings of the 1960 International Congress*. E. Nagel, P. Suppes, A. Tarski (ed.) Stanford University Press p.361-374.
- (1990) «Information, physics, quantum: The search for links». a: *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Zurek, Wojciech Hubert (ed.) Redwood City, California: Addison-Wesley p.309-336
- WILKES, Kathleen V. (1988) *Real people: Personal Identity without Thought Experiments*. Oxford: Clarendon Press.
- WORKMAN, R.W. (1964) «What Makes and Explanation» a: *Philosophy of Science*. University of Chicago Press v.31 p.241-254.
- WRIGHT, Larry (1976) *Teleological Explanations*. Berkeley & LA: University of California Press.