AS CATRO SELECCIÓNS: FUNDAMENTAL, NATURAL, CULTURAL E POLÍTICA*

JORGE WAGENSBERG

Abstract

Conceiving what science interprets as "understanding" requires a look at different science disciplines, in order to check for anything they have in common. Is there something between them in common we can see? There is, and the key may be in a concept which is, at the same time, common to the idea of understanding and to the idea of reality: the concept of selection.

RESUMO

Comprender o que a ciencia entende por comprender require darse un paseo polas distintas disciplinas científicas, a ver que encontramos de común en todas elas. Hai algo compartido que podamos resaltar? Haino, e a clave quizais estea nun concepto que é, á súa vez, común á idea de comprender e a idea de realidade: o concepto de *selección*.

Debo comezar por confesar que rescribo este artículo cada catro ou cinco anos desde hai case que vinte. E a verdade é que continuarei co exercizo mentres o resultado vaia encontrando a súa evolución. Nesta ocasión, o cambio non contradí nada do anterior, pero sí se pode dicir, creo, que creceu y que se clarificou. En principio un diría que todas as disciplinas científicas teñen o seu estilo, o seu xeito de facer, a súa maneira de dicir o que comprenden. En efecto, a física fala máis ben de leis fundamentais; a química máis bien de estruturas e de procesos; a bioloxía máis bien de mecanismos; a xeoloxía, a paleontoloxía ou a arqueoloxía máis ben de acontecementos; e a psicoloxía, a economía ou a socioloxía máis ben de líñas de pensamento. Pódese poñer un pouco de orde en todo isto? Hai polo menos dúas cousas en común en todas as disciplinas científicas: a vontade de *comprender a realidade e o que significa comprender a realidade*.

Comecemos polo final. *Comprender* significa buscar (e atopar) o que hai de común entre cousas diferentes. Cun só anaco de realidade non se pode comprender nada. Como mínimo, precisamos dous. E non é o mesmo buscar o que comparten cousas diferentes como buscar as diferenzas entre cousas similares. Isto último sería observar. Ben, pois toda a ciencia é un ir e vir, "un tira y afloja", entre estes dous exercizos fundamentais: observar e comprender, comprender e observar... Pero afinemos un poco máis e afirmemos que entre as diferentes maneiras que

* Traducido do castelán por Ramón Cid.

hai de comprender, o bo científico busca, por oficio, o máis compacto, o máis reducido... A comprensión é a mínima expresión do máximo compartido. O primeiro é bastante trivial, buscamos comprender porque a comprensión anticipa a incerteza. Noutras palabras: o fin último de comprender é nada menos que una cuestión de se anticipar aos cambios de incerteza, é dicir, unha cuestión de supervivencia...

Noutras palabras, comprender o que a ciencia entende por comprender require darse un paseo polas distintas disciplinas científicas, a ver qué encontramos de común en todas elas. Hai algo compartido que podamos resaltar? Haino e a clave quizais estea nun concepto que é, á súa vez, común á idea de comprender e a idea de realidade: é o concepto de *selección*. Pero empecemos pola idea de realidade.

A realidade deste mundo está feita de obxectos e de sucesos. Os obxectos ocupan o espacio con materia e os sucesos o tempo con cambios. Ou sexa, a materia deste mundo, uns dous billóns e medio de trillóns de cuatrillóns de kilos, distribúese en obxectos cuxas propiedades evolucionan co tempo. Unha galaxia, unha árbore ou unha catedral, son obxectos que aparecen, se transforman e desaparecen.

A identidade dun obxecto é un conxunto das propiedades que o distinguen dos demais obxectos, como a súa composición, a súa estrutura, a súa forma, o seu tamaño, a súa función (se a ten), a súa posición no espazo, a súa data no tempo... En rigor e no límite, un obxecto só é idéntico a sí mesmo. Atendamos, por un momento, á totalidade (!) dos obxectos que teñen existido na historia do universo...

Segundo a cosmoloxía vixente, no principio dos tempos, a materia do universo espallábase nunha especie de sopa de quarks. Cada obxecto actual ten unha particular evolución que comeza naquela afastada data. Atendendo a esta evolución, diríase que, desde aquela ata o de agora, ocorreron tres cousas de auténtica trascendencia. A primeira é, por suposto, a creación da materia. A nada rebelouse contra sí mesma e así xurdiu, digamos, a ***materia inerte***. Algúns miles de millóns de anos despois, nun recuncho do universo, un anaco minúsculo de materia inerte rebelouse contra a incerteza do seu contorno e complicouse abondo como para gañar certa independencia respecto do seu contorno. Asomouse así a ***materia viva*** á existencia. E hai ben poucos millóns de anos, unha parte ben modesta da materia viva protagonizou a terceira gran rebelión, complicándose aínda máis ata lograr anticipar moi altos graos da incerteza. Así emerxeu a ***materia culta*** nun nivel quen de producir coñecemento abstracto e de se preguntar, por exemplo, pola evolución da materia. Esta reflexión permítenos imaxinar unha partición da historia do nosos recuncho do universo en tres grandes idades: I) A idade da materia *inerte*, cando só existía esta clase de materia, II) A idade da materia viva, cando só existía materia inerte e materia viva, e III) A idade da materia intelixente, na que coexisten as tres clases de materia. Estamos nesta última, polo que un obxecto da actualidade puede lucir propiedades dunha, dúas ou tres destas grandes eras da historia universal.

Consideremos agora a probabilidade de que un obxecto da Idade da materia *inerte* experimente un cambio. Esta probabilidade está condicionada polas leis da natureza e pola realidade preexistente no seu contorno de espazo e tempo. Por iso, o feito de que tal cambio ocorra finalmente dependerá dun tipo de selección que ben podemos chamar ***selección fundamental***. É un tipo de selección imposta por leis tan fundamentais e universais como a gravitación, a condución da calor oo a propagación da luz. Principios tan prestixiosos da física, como o Primeiro e Segundo da Termodinámica son, de feito, claras expresións dunha selección fundamental (un móbil perpetuo ou que non conserve a enerxía non supera a selección para acceder á realidade, non será un proceso real) e o mesmo pode dicirse das elegantes ecuacións das leis da mecánica clásica, cuántica, estatística, relativista...

Un exemplo claro de selección fundamental: a gran maioría dos corpos celestes, a partir de certo tamaño, son esféricos porque a uniformidade e isotropía do espazo (ausencia de posicións e de direccións especialmente privilexiadas) e o carácter central das forzas dominantes, seleccionan (favorecen) esta forma por riba de calquera outra. Se no canto de nos situar no isótropo espazo interestelar, situámonos na verticalidade do campo gravitatorio sobre a mesma superficie dun planeta como a Terra, a selección fundamental deixa de favorecer formas como a esfera. Neste caso pérdese boa parte da isotropía do espazo porque a verticalidade local da gravidade é unha dirección claramente privilexiada. Tamén se ten perdido a uniformidade do espazo porque non é o mesmo estarmos no cumio dunha montaña, na beira dun río ou no fondo do mar. Son contornos de distinta incerteza. A violencia das treboadas de aire, auga e electricidade no cumio non se poden comparar coa suavidade da incerteza en certas zonas do val nin coa espesa calma no fondo do océano. Agora, ademais das forzas gravitatorias, intervirán outros fenómenos fundamentais importantes, como os cambios térmicos, a erosión e reacción química con axentes tan incertos como o aire e a auga, ou a colisións con outros obxectos sólidos. Por exemplo, os estratos rochosos que asoman nas montañas debido á erosión, adoitan aparecer como típicas eras horizontais de rochas pseudocúbicas. A selección fundamental non favorece calquera forma. Os pseudocubos son o resultado dunha primeira sucesión de *seleccións fundamentais* onde aínda se poden recoñecer a horizontalidade dun mar ancestral e a verticalidade das fracturas por compresión, debida aos fortes cambios de temperatura. Estas rochas acaban desprendéndose e rodan costa abaixo cara a espazos de diferente incerteza. Arrastradas por riadas máis ou menos violentas, os obxectos vense sometidos a novos fenómenos como a abrasión e a meteorización. Agora chocan uns contra os outros, así que, no val, preto das beiras do río, a *selección fundamental* filtra, favorece a presenza de rochas máis pequenas e redondeadas, tanto que xa merecen outro nome, como pedras ou, mellor, coios. Esta clase de incerteza pode prolongarse nos novos espazos, río abaixo ata o punto de afectar seriamente a unha propiedade dos obxectos como é o tamaño. A *selección fundamental* pode favorecer xa que logo tamaños moi pequenos, tanto que fará falta inventar novas palabras para designar aos obxectos, como seixo, grao de area ou partícula de po ... obxectos que descansan no fondo do mar listos para reanudar o longuísimo ciclo da rocha sedimentaria, ou que voan polas altas capas da atmosfera agardando novas incertezas. A unha propiedade que se consolida na realidade grazas á selección fundamental podemos nomeala como propiedade fundamental. É a forma esférica dos planetas, o tamaño minúsculo dunha partícula de po ou a peculiar estrutura do granito. Pódese dicir en suma que a *selección fundamental* regula, por mor das leis e a marxe de azar que aquelas permiten, a necesidade para que un obxecto exista coas propiedades que se observan na realidade. A esfericidade, por exemplo, é unha necesidade maior para un planeta que para un canto rodado. Ou dito doutro xeito, *a necesidade* ten graos, segundo sexa a dose de azar que permitan as leis, e é o resultado da ***selección fundamental***.

Aínda podemos precisar un poco máis coa pregunta: Onde e cando un físico ten que se comprometer cunha selección que decida que é real e que non o é?

Case que cualquera disciplina da física pode ser deducida da expresión matemática:

$$\delta S = 0 \qquad \{01\}$$

onde S é a chamada acción, unha magnitude que depende non só do estado inicial **1** de partida e do estado final **2**, senón da ruta que o sistema segue para ir de **1** a **2**. O fundamental de calquera disciplina da física propoñeríase entón na forma:

Das infinitas maneiras segundo as cales un sistema físico pode ir de 1 a 2 só é real (atención só se da na realidade) aquela que satisfaga a ecuación {01}, é dicir, a que minimiza a acción ou, para sermos máis rigorosos, a que fai a acción estacionaria.

A evidencia experimental confirma a aserción. O real é o seleccionado polo principio variacional da expresión {01}. E así é para a mecánica clásica, para o electromagnetismo, para a física cuántica, para a relatividade especial, para a relatividad xeral, para a teoría clásica de campos, etc. Chamemos a esta primeira clase de selección, *selección fundamental.* O criterio de selección é a estabilidade. Moitos obxectos e fenómenos non son seleccionados para perseverar na realidade pola súa falta de estabilidade (alguén ten visto algunha vez una estrela cúbica? Non: a selección fundamental quéreas esféricas).

Consideremos agora un obxecto típico da materia viva. Agora, para existir, para manter unha identidade viva, non abonda con superar o exame da *selección fundamental*. Un individuo vivo supera, ademais, a chamada *selección natural.* Esta idea, debida a Darwin, é probablemente unha das ideas más simples, brillantes e potentes de toda a historia da ciencia. Un ser non vivo segue manseniño os caprichos da incerteza do seu contorno. A temperatura dunha pedra fluctúa, con maior ou menor inercia, segundo as fluctuacións da temperatura ambiental. Un individuo vivo en cambio tende a manter a súa identidade independente de tales caprichos. A temperatura dun rato fluctúa moito menos que a temperatura do seu ambiente. Toda innovación emerxente nun individuo vivo que favoreza esta independencia respecto da súa incerteza, tende a aprobar outro exame, o da celebérrima *selección natural.* No mundo do vivo, a selección natural acentúa a presenza de certas propiedades, modificando fortemente o efecto previo da selección fundamental e, atención, introduce un concepto radicalmente novo na historia do universo: é o concepto de *función.* En efecto, só por pasar o filtro da *selección natural,* unha innovación queda adornada cunha función, que non é senón o detalle polo cal o individuo vivo mellora a súa disposición para defender a súa independencia.

Un obxecto ben frecuente do mundo vivo é o ovo. Todos os animais, todos, descenden desta prestixiosa célula. A selección fundamental, na incerteza ambiental e das condicións de isotropía das augas do Cámbrico, favoreceu a forma esférica. A esfera triunfou espectacularmente como unha boa forma para o concepto ovo. *A selección fundamental* é xenerosa coa esfera, de modo que *a selección natural* non tivo máis que firmar unha forma espontánea que xa de por sí era razoablemente frecuente. Pero, por que había de firmar? Que vantaxe pode ter unha esfera para o porvir do concepto ovo? Ben, non é difícil atoparlle algunhas. No primeiro lugar a esfera é a mínima superficie que contén a un volume determinado, a esfera minimiza a relación entre un volume e a súa cantidade de fronteira co exterior. É o contrario do que se tenta co radiador deseñado para calentar unha habitación. Os ovos esféricos perden lentamente a calor que se produce no seu interior (en realidade, a galiña cando incuba fai de manta, é dicir, evita que o ovo se arrefríe, pero non o quenta, a calor flúe do ovo cara a galiña, ou sexa, é o ovo quen quenta á galiña!). Ademais, a forma esférica tamén dificulta un ataque a mordidas por unhas fauces cuxo diámetro non sexa moito maior que o da esfera. Semella pois que se pode arriscar a afirmación de que as esferas vivas ***protexen*** como mínimo contra o arrefriamento e a depredación. Protexer, temos aquí a presunta función de certas esferas de certos obxectos vivos en certos ambientes. A selección natural aumenta a presenza de esferas no mundo vivo grazas a esta función. Algo antes, a selección fundamental tiña permitido unha presenzia previa mínima desta forma, o suficiente como para poder concorrer ao reto da selección natural. Sen embargo, a incerteza ambiental pode seguir promocionando novas seleccións naturais, e con elas, novas funcións.

Cada golpe de cicel da selección natural *distorsiona* polo tanto unha ou varias propiedades dos obxectos vivos e os dota de novos matices funcionais. En ocasións un cambio na incerteza ambiental descubre unha función oculta nunha novidade seleccionada naturalmente por outra novidade ben distinta. É o caso do concepto pluma, que emerxe coa función de protexer térmicamente e que, millóns de anos despois, resulta que se consolida outra tanto ou máis trascendente: a capacidade de voar. Un golpe de selección pode proveer máis dunha función. Pero tamén é importante comentar que a mesma función pode asomar na evolución como consecuencia de dous golpes de selección ben diferentes. As plumas non son imprescindibles para voar, como ben saben os morcegos, certos insectos, certas sementes... Mesmo é posible que a selección natural aprobe solucións similares en obxectos ben diferentes para resolver incertezas parecidas (converxencia). É o caso da forma dos golfiños (mamíferos) e a dos atúns (peixes). Ou o ollo do tipo do polbo (molusco) unha estrutura *reinventada* (reseleccionada) ducias de veces a ao longo da evolución en xéneros moi distantes de animais. En todo caso, unha cousa está clara: a inseparable relación entre dous conceptos, o de función e o dalgún tipo de selección non fundamental. De feito o concepto función depende de dous tipos de selección. A primeira é a que acabamos de comentar, a *selección natural*. A segunda se adivina sen máis que engadir un exemplo á lista das raras maneiras de voar sen plumas: a da recentísima industria aeronáutica. É a que falta para abordar a primeira gran clasificación dos obxectos do gran catálogo do mundo. É a *selección cultural*.

A *selección fundamental* actúa nada máis existir a materia inerte e as leis fundamentais da natureza, a *selección natural* inmediatamente despois de que dela xurdira o primeiro ser vivo, e a terceira e penúltima clase de selección, *a selección cultural*, xusto despois de que certo ser vivo accedese a un nivel de intelixencia capaz de se anticipar a súa incerteza mediante o coñecemento abstracto. A *selección cultural* non pode violar a selección fundamental nin a natural, pero sí pode burlalas modificando certas probabilidades. O mesmo ocorre de feito coa selección natural respecto da fundamental. Antes da materia viva, só se veían voar obxectos máis densos que o aire se estes eran moi lixeiros, como partículas de cinza ou de po. Unha pedra rebotada dunha avalancha ou un meteorito procedente do cosmos son sucesos nada frecuentes en termos do seu tempo de ocorrencia. A selección natural distorsionou definitivamente esta posibilidade e o ceo víuse máis tarde cruzado por insectos, réptiles e paxaros bastante máis pesados. Foi un logro da selección natural. Pero, desde logo, nada comparado coa posibilidade de contemplar un Boeing 747 atravesando o Atlántico a dez mil metros de altura, na Idade da materia intelixente que vivimos agora. Todas as pezas deste artefacto e a súa complexa relación mútua son o resultado da *selección cultural*

Se o resultado da *selección fundamental* é *a necesidade*, o resultado das seleccións *natural* e *cultural* é a *función*. Sen embargo, a función que procede dunha *selección cultural* introduce unha novidade esencial respecto á dunha *selección natural*. A selección natural *atópase* coas funcións, a función cultural, ademais, pode *buscalas*. Coa selección cultural emerxen novos conceptos na historia da realidade, conceptos todos eles relacionados coa anticipación da incerteza pero todos eles rigorosamente ausentes nos contextos das seleccións fundamentais e naturais. Son conceptos como proxecto, deseño, plan, intención, teleoloxía, ... Quizais se poda acuñar esta máxima: *Crear é seleccionar* ...que se non? É o que fai un xogador de xadrez cando move unha peza, é o que fai un poeta cando escribe, é o que fai un escultor cando esculpe... é o o que fai un científico cando fai ciencia! Aquí se pecha un interesante círculo virtuoso. Comprender tamén é seleccionar.

De feito, se non existise algún tipo de selección, todos os obxectos e todos os sucesos serían igualmente probables. En tal caso no habería nada que comprender. Pero unha selección é un instrumento para romper equiprobabilidades. En xeral, ao científico, espértaselle o olfato cando

se decata de que algo se aparta da equiprobabilidade, cando percibe que algo se repite na natureza, cando observa cousas comúns en obxectos ou fenómenos diferentes. Entón anuncia unha nova comprensión científica. E iso ocorre cando existen condicións que cumplir, cando, oculta ou non, está actuando algún tipo de selección. As veces nomeamos esta situación de maneiras más solemnes. Dicimos que existe unha ley, un coñecemento, unha intelixibilidade...

Un exemplo. Escollamos un rincón da realidade, digamos una praia fluvial. Consideremos os obxectos que vemos nela, é dicir os coios, e atendamos a tan só unha da súas propiedades, por exemplo: *a forma*. En principio, obsérvase unha notable diversidade de formas. Hai simetrías circulares, esféricas, triángulos, elipsoides,... pero atención, a distribución de todas estas formas non é en absoluto equiprobable. Predomina, con moito a simetría circular, a moita distancia os triángulos... As formas non son equiprobables. A distribución da variedade de formas das pedras quizais teña *forma*. Hai algo que comprender. Ule a novo coñecemento. A existencia dunha *teoría sobre a forma* non semella un soño desatinado.

Démonos agora unha volta polo vivo, unha selva tropical por exemplo, e botemos tamén unha ollada a un espazo habitado polo intelixente, digamos unha cidade. Unha primeira vista convéncenos de que, en efecto, as probabilidades de emerxencia se ten distorsionado. Agora constatamos (se seguimos atendendo á forma dos obxectos) que, nas novas paisaxes elexidas, na selva e na cidade, a distribución de formas tense afastado aínda máis da uniformidade. Certos obxectos con forma de hélice, por exemplo, son moito máis frecuentes nunha selva que noutros ambientes. E, aínda que en principio non tiña por que ser así, as hélices aínda se prodigan con maior insistencia nun ambiente urbano. Cando un obxecto aproba o exame dunha selección natural ou cultural gaña algo. Gaña algo que promociona a súa probabilidade de permanencia na realidade deste mundo: gaña *función*. Que función? Polo menos xa temos algo que buscar, xa temos algo que comprender, xa sabemos o que queremos saber...

A hélice é unha forma definitivamente trascendente en selvas e cidades. Basta un sinxelo e breve experimento mental: se eliminamos dun plumazo todas as trepadoras, silvas, colas, trompas, ... (hélices vivas) dunha selva, esta virase abaixo con estrépito. E con non menos estrépito derrumbarase unha cidade se a privamos de súpeto de todos os parafusos, cables e cordas previstos nas súas múltiples estruturas (hélices intelixentes). A hélice *apreixa*. A hélice é unha forma frecuentemente favorecida pola súa función de ancoraxe segura e forte. Un remuíño de auga ou un tornado son hélices espontáneas, non teñen función, pero unha silva, unha semente cun refinado mecanismo que a fai caer en hélice cando se desprende, unha trompa de elefante, o trenzado dunha corda ou un simple parafuso, comparten a función de apreixar. A presenza da hélice na realidade compréndese pola súa función de apreixar ... Un coñecemento sobre a emerxencia das forma na natureza podería salir moi ben da relación entre forma, necesidade e función que emerxe deste esquema conceptual de selecciones: a esfera protexe, o hexágono pavimenta, a espiral empaqueta, a hélice apreixa, a parábola emite e recibe, a onda despraza, a punta penetra, a catenaria atura, os fractais intiman o espazo con continuidade ...

Pero, témome, aínda nos temos acabado. Pensar, o que se di pensar pensa unha individualidade chamada mente. Non pensa media mente, nin mente e media. A convivencia de dous ou máis individuos crean unha nova individualidade. A selección non pode ser agora fundamental, nin natural, nin cultural. Hai que arbitrar un sistema para seleccionar unha decisión que represente a un colectivo de mentes (familia, veciños, concidadáns, correlixionarios, membros dunha mesma nación, clube, etc.) Así nace a política e o que ben poderíamos chamar a *selección política*. O criterio sería agora un híbrido entre a convivencia e a sobreconvivencia. Acuñemos o termo de *sobreconvivencia.* A historia da infamia da humanidade está repleta de sistemas perversos que tratan de impoñer unha cohesión social que favoreza unha eventual identidade colectiva sobre

unha identidade individual. A cuestión da sobreconvivencia humana é como lograr que a identidade colectiva necesaria para sobreconvivir, non supoña unha tortura ou unha humillación para as identidades individuais. Son os sistemas políticos: autárquicos, totalitarios, democráticos, etc. Haberá que adicarlle moito máis tempo, espazo e profundidad para desenvolver esta cuestión.

En síntese: a *estabilidade* é para a selección fundamental, a *adaptabilidade é* para a selección natural, a *creatividade* é para a selección cultural e a *sobreconvivencia é* para a selección política.

Así se pode trazar unha panorámica da realidade enteira e da nosa vontade para comprendela. A selección natural é un logro da selección fundamental e a selección cultural un logro da selección natural. Superar seleccións fundamentais significa estabilidade, opcións para permanecer na realidade. Superar seleccións naturais proporciona funcións, opcións para seguir vivo. E inventar seleccións culturais, xa sexa en forma de leis, mecanismos, historias ou grandes esquemas conceptuais, significa crear coñecemento, opcións para aumentar a independencia respecto da incerteza.

Coñecer para anticipar a incerteza, tal é a ilusión de calquera intelixibilidade científica, xa sexa unha lei fundamental, un modelo, un mecanismo, unha historia ou un esquema conceptual ....

Jorge Wagensberg é escritor e divulgador científico. Profesor de Teoría dos Procesos Irreversibles na Facultade de Física da Universidad de Barcelona e Director Científico da Fundación "La Caixa". Creou e dirixiu entre 1991 e 2005 o Museo da Ciencia da Fundación "La Caixa" en Barcelona.