



LAS TRES SELECCIONES (FUNDAMENTAL, NATURAL Y ARTIFICIAL)

JORGE WAGENSBERG*

*Director del Museo de la Ciència.
Fundació 'la Caixa'. Barcelona (España).*

Introducción

La física habla más bien de leyes fundamentales; la química más bien de estructuras y de procesos; la biología más bien de mecanismos; la geología, la paleontología o la arqueología más bien de acontecimientos; y la psicología, la economía o la sociología más bien de líneas de pensamiento. ¿Se puede poner un poco de orden en todo esto? Hay por lo menos una cosa común en todas las disciplinas científicas: la voluntad de *comprender la realidad*. La clave quizás esté en un concepto que es, a su vez, común a la idea de comprender y a la idea de realidad: es el concepto de *selección*. Pero empecemos por la idea de realidad.

*Licenciado y doctor en Física por la Universidad de Barcelona; profesor de Teoría de los Procesos Irreversibles en la Facultad de Física de dicha universidad, donde dirige un grupo de investigación en biofísica. Es autor de múltiples trabajos científicos aparecidos en publicaciones especializadas internacionales y de una extensa obra de difusión científica hacia otros dominios de la cultura. Destaca el libro *Nosotros y la ciencia* (1980) e *Ideas sobre la complejidad del mundo* (1985). En 1983 creó la colección de pensamiento científico *Metatemáticas* y desde el año 1991 es director del Museo de la Ciència de la Fundació 'La Caixa'.

La realidad de este mundo está hecha de objetos y de sucesos. Los objetos ocupan el espacio con materia y los sucesos el tiempo con cambios. La materia de este mundo, unos dos billones y medio de trillones de cuatrillones de kilos, se distribuye en objetos cuyas propiedades evolucionan con el tiempo. Una galaxia, un árbol o una catedral, son objetos que aparecen, se transforman y desaparecen.

La identidad de un objeto es el conjunto de las propiedades que lo distinguen de los demás objetos, como su composición, su estructura, su forma, su tamaño, su función (si la tiene), su posición en el espacio, su fecha en el tiempo... En rigor y en el límite, un objeto sólo es idéntico a sí mismo. Atendamos, por un momento, a la totalidad (!) de los objetos que han existido en la historia del universo...

Las edades de la historia

Según la cosmología vigente, en el principio de los tiempos, la materia del universo se des-parramaba en una especie de sopa de quarks. Cada objeto actual tiene una particular evolución que arranca de aquella lejana fecha.



Atendiendo a esta evolución, se diría que, desde entonces hasta ahora, han ocurrido tres cosas de auténtica trascendencia. La primera es, desde luego, la creación de la materia. La nada se rebeló contra sí misma y así surgió –digamos– la *materia inerte*. Algunos miles de millones de años después, en un rincón del universo, un pedazo minúsculo de materia inerte se rebeló contra la incertidumbre de su entorno y se complicó lo bastante como para ganar cierta independencia respecto de su entorno. Así se asomó la *materia viva* a la existencia. Y hace bien pocos millones de años, una parte bien modesta de la materia viva protagonizó la tercera gran rebelión y se complicó aún más hasta lograr anticipar muy altos grados de la incertidumbre. Así emergió la *materia inteligente* en un nivel capaz de producir conocimiento abstracto y capaz de preguntarse, por ejemplo, por la evolución de la materia. Esta reflexión nos permite imaginar una partición de la historia de nuestro rincón del universo en tres grandes edades: I) La edad de la materia inerte, cuando sólo existía esta clase de materia; II) La edad de la materia viva, cuando sólo existía materia inerte y materia viva, y III) La edad de la materia inteligente, en la que coexisten las tres clases de materia. Estamos en esta última, por lo que un objeto de la actualidad puede lucir propiedades de una, dos o tres de estas grandes eras de la historia universal.

La selección fundamental

Consideremos ahora la probabilidad de que un objeto de la edad de la materia inerte

experimente un cambio. Esta probabilidad está condicionada por las leyes de la naturaleza y por la realidad preexistente en su entorno de espacio y tiempo. Por ello, el hecho de que tal cambio ocurra finalmente dependerá de un tipo de selección que bien podemos llamar *selección fundamental*. Es un tipo de selección impuesta por leyes tan fundamentales y universales como la gravitación, la conducción de calor o la propagación de la luz. Principios tan prestigiosos de la física, como el Primero y Segundo de la Termodinámica son, de hecho, claras expresiones de una selección fundamental (un móvil perpetuo o que no conserve la energía no supera la selección para acceder a la realidad; no será un proceso real) y lo mismo puede decirse de las elegantes ecuaciones de las leyes de la mecánica clásica, cuántica, estadística, relativista...

Un ejemplo claro de selección fundamental: la gran mayoría de los cuerpos celestes, a partir de cierto tamaño, son esféricos porque la uniformidad e isotropía del espacio (ausencia de posiciones y de direcciones especialmente privilegiadas) y el carácter central de las fuerzas dominantes seleccionan (favorecen) esta forma por encima de cualquier otra. Si en lugar de situarnos en el isótropo espacio interestelar, nos situamos en la verticalidad del campo gravitatorio sobre la misma superficie de un planeta como la Tierra, la selección fundamental deja de favorecer formas como la esfera. En este caso se pierde buena parte de la isotropía del espacio porque la verticalidad local de la gravedad es una dirección claramente privilegiada. Tam-



bién se ha perdido la uniformidad del espacio, porque no es lo mismo estar en la cima de una montaña, en la orilla de un río o en el fondo del mar. Son entornos de distinta incertidumbre. La violencia de las tormentas de aire, agua y electricidad en la cima no puede compararse con la suavidad de la incertidumbre en ciertas zonas del valle ni con la espesa calma en el fondo del océano. Ahora, además de las fuerzas gravitatorias, intervendrán otros fenómenos fundamentales importantes, como los cambios térmicos, la erosión y la reacción química con agentes tan inciertos como el aire y el agua, o las colisiones con otros objetos sólidos. Por ejemplo, los estratos rocosos que asoman en las montañas debido a la erosión suelen aparecer como típicas hileras horizontales de rocas pseudocúbicas. La selección fundamental no favorece cualquier forma. Los pseudocubos son el resultado de una primera sucesión de *selecciones fundamentales* en las que aún pueden reconocerse la horizontalidad de un mar ancestral y la verticalidad de las fracturas por compresión, debida a los fuertes cambios de temperatura. Estas rocas acaban desprendiéndose y ruedan cuesta abajo hacia espacios de diferente incertidumbre. Arrastradas por riadas más o menos violentas, los objetos se ven sometidos a nuevos fenómenos como la abrasión y la meteorización. Ahora chocan unos contra otros, así que, en el valle, cerca de las orillas del río, la *selección fundamental* filtra, favorece la presencia de rocas más pequeñas y redondeadas, tanto que ya merecen otro nombre, como piedras, o mejor, cantos rodados. Esta

clase de incertidumbre puede prolongarse en los nuevos espacios, río abajo hasta el punto de afectar seriamente a una propiedad de los objetos como es el tamaño. La *selección fundamental* puede favorecer entonces tamaños muy pequeños, tanto que hará falta inventar nuevas palabras para designar a los objetos, como guijarro, grano de arena o partícula de polvo ..., objetos que descansan en el fondo del mar listos para reanudar el larguísimo ciclo de la roca sedimentaria o que vuelan por las altas capas de la atmósfera a la espera de nuevas incertidumbres. A una propiedad que se consolida en la realidad gracias a la selección fundamental podemos nombrarla como propiedad fundamental. Es la forma esférica de los planetas, el tamaño minúsculo de una partícula de polvo o la peculiar estructura del granito. Se puede decir, en suma, que la *selección fundamental* regula, mediante las leyes y el margen de azar que aquellas permiten, la necesidad para que un objeto exista con las propiedades que se observan en la realidad. La esfericidad, por ejemplo, es una necesidad mayor para un planeta que para un canto rodado. O dicho de otro modo, *la necesidad* tiene grados, según sea la dosis de azar que permitan las leyes, y es el resultado de la *selección fundamental*.

Consideremos ahora un objeto típico de la materia viva. Ahora, para existir, para mantener una identidad viva, no basta con superar el examen de la *selección fundamental*. Un individuo vivo supera, además, la llamada *selección natural*. Esta idea, debida a Darwin, es probablemente una de las ideas más simples, brillantes y potentes de toda la



historia de la ciencia. Un ser no vivo sigue mansamente los caprichos de la incertidumbre de su entorno. La temperatura de una piedra fluctúa, con mayor o menor inercia, al compás de las fluctuaciones de la temperatura ambiental. Un individuo vivo en cambio tiende a mantener su identidad independiente de tales caprichos. La temperatura de un ratón fluctúa mucho menos que la temperatura de su ambiente. Toda innovación emergente en un individuo vivo que favorezca esta independencia respecto de su incertidumbre tiende a aprobar otro examen, el de la celeberrima *selección natural*. En el mundo de lo vivo, la selección natural acentúa la presencia de ciertas propiedades, modificando fuertemente el efecto previo de la selección fundamental y -¡atención!- introduce un concepto radicalmente nuevo en la historia del universo: es el concepto de *función*. En efecto, sólo por pasar el filtro de *la selección natural*, una innovación queda adornada con una función, que no es sino el detalle por el cual el individuo vivo mejora su disposición para defender su independencia.

Un objeto bien frecuente del mundo vivo es el huevo. Todos los animales, todos, descienden de esta prestigiosa célula. La selección fundamental, en la incertidumbre ambiental y de las condiciones de isotropía de las aguas del Cámbrico, favoreció la forma esférica. La esfera triunfó espectacularmente como una buena forma para el concepto huevo. *La selección fundamental* es generosa con la esfera, de modo que *la selección natural* no tuvo más que firmar una forma espontánea que ya de por sí era razonable-

mente frecuente. Pero ¿por qué había de firmar? ¿Qué ventaja puede tener una esfera para el porvenir del concepto huevo? Bien, no es difícil encontrarle algunas. En primer lugar, la esfera es la mínima superficie que encierra un volumen determinado, la esfera minimiza la relación entre un volumen y su cantidad de frontera con el exterior. Es lo contrario de lo que se intenta con el radiador diseñado para calentar una habitación. Los huevos esféricos pierden lentamente el calor que se produce en su interior (en realidad, la gallina cuando incuba hace de manta, es decir, evita que el huevo se enfríe, pero no lo calienta, el calor fluye del huevo hacia la gallina, o sea, ¡es el huevo el que calienta a la gallina!. Además, la forma esférica también dificulta un ataque a mordiscos por unas fauces cuyo diámetro no sea mucho mayor que el de la esfera. Parece pues que puede arriesgarse la afirmación de que las esferas vivas *protegen* como mínimo contra el enfriamiento y la depredación. Proteger, he aquí la presunta función de ciertas esferas de ciertos objetos vivos en ciertos ambientes. La selección natural aumenta la presencia de esferas en el mundo vivo gracias a esta función. Algo antes, la selección fundamental había permitido una presencia previa mínima de esta forma, lo suficiente como para poder concurrir al reto de la selección natural. Sin embargo, la incertidumbre ambiental puede seguir promocionando nuevas selecciones naturales, y con ellas, nuevas funciones.

Cada golpe de cincel de la selección natural *distorsiona*, pues, una o varias propieda-



des de los objetos vivos y les dota de nuevos matices funcionales. En ocasiones, un cambio en la incertidumbre ambiental descubre una función oculta en una novedad seleccionada naturalmente por otra novedad bien distinta. Es el caso del concepto pluma, que emerge con la función de proteger térmicamente y que, millones de años después, resulta que se consolida otra tanto o más trascendente: la capacidad de volar. Un golpe de selección puede proveer más de una función. Pero también es importante comentar que la misma función puede asomar en la evolución como consecuencia de dos golpes de selección bien diferentes. Las plumas no son imprescindibles para volar, como bien saben los murciélagos, ciertos insectos, ciertas semillas... Incluso es posible que la selección natural apruebe soluciones similares en objetos bien diferentes para resolver incertidumbres parecidas (convergencia). Es el caso de la forma de los delfines (mamíferos) y la de los atunes (peces). O el ojo del tipo del pulpo (molusco), una estructura *reinventada* (reseleccionada) decenas de veces a lo largo de la evolución en géneros muy distantes de animales. En todo caso, una cosa está clara: la inseparable relación entre dos conceptos, el de función y el de algún tipo de selección no fundamental. De hecho, el concepto función depende de dos tipos de selección. La primera es la que acabamos de comentar, la *selección natural*. La segunda se adivina sin más que añadir un ejemplo a la lista de las raras maneras de volar sin plumas: la de la recentísima industria aeronáutica. Es la que falta para abordar la primera gran clasi-

ficación de los objetos del gran catálogo del mundo. Es la *selección artificial*.

La selección artificial

La *selección fundamental* actúa nada más existir la materia inerte y las leyes fundamentales de la naturaleza; la *selección natural* inmediatamente después de que de ella surgiera el primer ser vivo y, finalmente, la tercera y última clase de selección, la *selección artificial*, justo después de que cierto ser vivo accediera a un nivel de inteligencia capaz de anticiparse a su incertidumbre mediante el conocimiento abstracto. La *selección artificial* no puede violar la selección fundamental ni la natural, pero sí puede burlarlas modificando ciertas probabilidades. Lo mismo ocurre de hecho con la selección natural respecto de la fundamental. Antes de la materia viva, sólo se veían volar objetos más densos que el aire si éstos eran muy ligeros, como partículas de ceniza o de polvo. Una piedra rebotada de una avalancha o un meteorito procedente del cosmos son sucesos nada frecuentes en términos de su tiempo de ocurrencia. La selección natural distorsionó definitivamente esta posibilidad y el cielo se vio más tarde surcado por insectos, reptiles y pájaros bastante más pesados. Fue un logro de la selección natural. Pero, desde luego, nada comparado con la posibilidad de contemplar un Boeing 747 atravesando el Atlántico a diez mil metros de altura, en la edad de la materia inteligente que vivimos ahora. Todas las piezas de este artefacto y



su compleja relación mutua son el resultado de la *selección artificial*.

Si el resultado de la *selección fundamental* es la *necesidad*, el resultado de las selecciones *natural* y *artificial* es la *función*. Sin embargo, la función que procede de una *selección artificial* introduce una novedad esencial respecto a la de una *selección natural*. La selección natural se *encuentra* con las funciones; la selección artificial, además, puede *buscarlas*. Con la selección artificial emergen nuevos conceptos en la historia de la realidad, conceptos todos ellos relacionados con la anticipación de la incertidumbre pero todos ellos rigurosamente ausentes en los contextos de las selecciones fundamentales y naturales. Son conceptos como proyecto, diseño, plan, intención, teleología... Quizá se pueda acuñar esta máxima: *Crear es seleccionar...* ¿qué si no? Es lo que hace un jugador de ajedrez cuando mueve una pieza; es lo que hace un poeta cuando escribe; es lo que hace un escultor cuando esculpe..., ¡y es lo que hace un científico cuando hace ciencia! Aquí se cierra un interesante círculo virtuoso. Comprender también es seleccionar.

De hecho, si no existiera algún tipo de selección, todos los objetos y todos los sucesos serían igualmente probables. En tal caso no habría nada que comprender. Pero una selección es un instrumento para romper equiprobabilidades. En general, al científico se le despierta el olfato cuando se da cuenta de que algo se aparta de la equiprobabilidad, cuando percibe que algo se repite en la naturaleza, cuando observa cosas comunes en

objetos o fenómenos diferentes. Entonces anuncia una nueva comprensión científica. Y eso ocurre cuando existen condiciones que cumplir, cuando, oculta o no, está actuando algún tipo de selección. A veces nombramos esta situación de maneras más solemnes. Decimos que existe una ley, un conocimiento, una inteligibilidad...

Un ejemplo. Escojamos un rincón de la realidad, digamos una playa fluvial. Consideremos los objetos que vemos en ella, es decir, los cantos rodados, y atendamos a tan sólo una de sus propiedades, por ejemplo, *la forma*. En principio, se observa una notable diversidad de formas. Hay simetrías circulares, esféricas, triángulos, elipsoides..., pero, ¡atención!, la distribución de todas estas formas no es en absoluto equiprobable. Predomina, con mucho, la simetría circular; a mucha distancia los triángulos... Las formas no son equiprobables. La distribución de la variedad de formas de las piedras quizá tenga *forma*. Hay algo que comprender. Huele a nuevo conocimiento. La existencia de una *teoría sobre la forma* no parece un sueño descabellado.

Démonos ahora una vuelta por lo vivo, una selva tropical por ejemplo, y echemos también un vistazo a un espacio habitado por lo inteligente, digamos una ciudad. Una primera ojeada nos convence de que, en efecto, las probabilidades de emergencia se han distorsionado. Ahora constatamos (si seguimos atendiendo a la forma de los objetos) que, en los nuevos paisajes elegidos, en la selva y en la ciudad, la distribución de formas se ha alejado aún más de la uniformi-



dad. Ciertos objetos con forma de hélice, por ejemplo, son mucho más frecuentes en una selva que en otros ambientes. Y, aunque en principio no tenía por qué ser así, las hélices aún se prodigan con mayor insistencia en un ambiente urbano. Cuando un objeto aprueba el examen de una selección natural o artificial gana algo. Gana algo que promociona su probabilidad de permanencia en la realidad de este mundo: gana *función*. ¿Qué función? Por lo menos ya tenemos algo que buscar, ya tenemos algo que comprender, ya sabemos lo que queremos saber...

La hélice es una forma definitivamente trascendente en selvas y ciudades. Basta un sencillo y breve experimento mental: si eliminamos de un plumazo todas las trepadoras, zarcillos, colas, trompas... (hélices vivas) de una selva, ésta se vendrá abajo con estrépito. Y con no menos estrépito se derrumbará una ciudad si la privamos de repente de todos los tornillos, cables y cuerdas previstos en sus múltiples estructuras (hélices inteligentes). La hélice *agarra*. La hélice es una forma frecuente frecuentemente favorecida por su función de anclaje seguro y fuerte. Un remolino de agua o un tornado son hélices espontáneas, no tienen función, pero un zarcillo, una semilla con un refinado mecanismo que la hace caer en hélice cuando se desprende, una trompa de elefante, el trenzado de una cuerda o un simple tornillo, comparten la función de agarrar. La presencia de la hélice en la realidad se comprende por su función de agarrar... Un conocimiento sobre la emergencia de las formas en la naturaleza podría salir muy bien

de la relación entre forma, necesidad y función que emerge de este esquema conceptual de selecciones: la esfera protege, el hexágono pavimenta, la espiral empaqueta, la hélice agarra, la parábola emite y recibe, la onda desplaza, la punta penetra, la catenaria aguanta, los fractales intiman el espacio con continuidad...

Superando las selecciones

Así se puede trazar una panorámica de la realidad entera y de nuestra voluntad para comprenderla. La selección natural es un logro de la selección fundamental y la selección artificial un logro de la selección natural. Superar selecciones fundamentales significa estabilidad, opciones para permanecer en la realidad. Superar selecciones naturales proporciona funciones, opciones para seguir vivo. E inventar selecciones artificiales, ya sea en forma de leyes, mecanismos, historias o grandes esquemas conceptuales, significa crear conocimiento, opciones para aumentar la independencia respecto de la incertidumbre.

Conocer para anticipar la incertidumbre, tal es la ilusión de cualquier inteligibilidad científica, ya sea una ley fundamental, un modelo, un mecanismo, una historia o un esquema conceptual.

Lecturas recomendadas

1. Spinoza B. *Ética demostrada según el orden geométrico*. Madrid: Editorial Trotta, 2000.



2. Bell G. *Selection, the Mechanism of Evolution*. London: Chapman & Hall, 1977.
3. Meyr E. *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Drakontos: Crítica, 1992.
4. Wagensberg J. *El Progreso: ¿Un concepto acabado o emergente?* Metatemas 52. Barcelona: Tusquets Editores, 1998.
5. Wagensberg J. Complexity versus Uncertainty and the question of staying alive. *Biology and Philosophy*, 2000.
6. Dennet DC. *Freedom evolves*. New York: Viking Press, 2003.
7. Wier A, Dolan M, Grimaldi D, Guerrero R, Wagensberg J y Margulis L. Spirochete and protist symbionts of a termite (*Mastotermes electrodominicus*) in Miocene amber. *PNAS* 2002;99 (3):1410-1413.
8. Pastor Satorras R, Wagensberg J. Branch distribution in diffusion-limited aggregation: a maximum entropy approach. *Physica* 1996;A224: 463-479.
9. Pastor Satorras R, Wagensberg J. The maximum entropy principle and the nature of fractals. *Physica* 1998;A 251:291-302.