

LAS APORIAS DE NUESTRA IMAGEN DE LA REALIDAD

Juan M. Feraud

Se define la situación actual de la ciencia como aporética. A través de cinco acontecimientos científicos recientes, muestra cómo la ciencia ha llegado a una situación de perplejidad ante su propio estatuto y ante su propia capacidad explicativa de las apariencias. El teorema de Gödel, la teoría de la relatividad de Einstein, la Biología molecular después de Watson y Crick, la Mecánica cuántica y la máquina de Turing

Trataré de exponer algunos aspectos de la Ciencia actual que inciden, de una u otra forma, en nuestro acercamiento a la realidad. O, si se quiere, con una expresión más comprometida, en nuestro conocimiento de la realidad. Compromiso que presupone una toma de postura acerca del valor epistemológico de la propia Ciencia, cosa que, por supuesto, no sólo no es unánime, sino que se cuestiona en su propio fundamento: es admisible, en efecto, considerar que la Ciencia no posee valor epistemológico alguno.

Parece conveniente, al menos, esquematizar las posibles posturas en esta cuestión.

a) La Ciencia es un juego. (Postura lúdica)

b) La Ciencia es un conjunto de recetas. (Postura pragmática)

c) La Ciencia es un conjunto de normas que permiten transformar la naturaleza. (Postura técnica)

d) La Ciencia es un conjunto de conocimientos acerca de la realidad (Postura racional/realista)

e) La Ciencia es la única forma válida de conocimiento. (Postura dogmática/reduccionista)

Ni que decir tiene que entre cada una de estas proposiciones se pueden introducir todos los matices que se quiera.

Este es el problema de qué cosa es la Ciencia. Problema que tiene su propia disci-

55

Advertencia preliminar: En todo lo que sigue se utiliza el término «Ciencia» en lugar de «Ciencias Formales y de la Naturaleza», valga el abuso del lenguaje en favor de la simplicidad.

plina: la Teoría de la Ciencia, la cual cae fuera de lo que aquí pretendemos, pero que no obstante, no conviene perder de vista.

Es evidente la incidencia de la Ciencia en cualquier ámbito de nuestra vida, en la medida en que se considere que la técnica actual deriva del aspecto transformador de aquélla. Pero el asunto deja de estar tan claro en cuanto lo que está en juego no es su capacidad transformadora, sino su valor epistemológico.

Respecto a este último sentido, conviene hacer una distinción más antes de seguir adelante:

Una cosa es el método científico, se lo considere o no como paradigma de otros métodos de acceso a la realidad, y otra, muy distinta, los resultados que la Ciencia aporta. Aquí estamos interesados en lo segundo. Es decir, aportaciones de la Ciencia que, debido a su índole fundamental —en el sentido estricto del término—, deberían modular cualquier forma de pensamiento que se aproxime a la realidad. Lo cual no presupone primacía alguna de una cosa sobre la otra.

Como ejemplo, voy a enumerar cinco hechos que, por sus características, ponen de manifiesto esa capacidad moduladora a la que antes me refería. Por supuesto que la elección es discutible y que incluso, la disparidad entre sus ámbitos las hacen difícilmente comparables. Y sin embargo, todas presentan dos rasgos comunes:

1º) Afectan a los elementos constitutivos de sus correspondientes disciplinas.

2º) Nos llevan al límite de la propia disciplina y en ciencia llegar al límite es estar al borde de la aporía.

Justamente, ese carácter limitante les confiere el máximo interés.

Relación de hechos

- a) Teorema de Gödel: 1931, Límite de los formalismos. Axiomática
- b) Unificación del espacio-tiempo-masa-energía: 1905-1915, Teoría de la Relatividad. Universo.
- c) Fundamentos de la Mecánica Cuántica. 1925, Mundo subatómico. Constituyentes, medida.
- d) Bases moleculares de la Biología. 1953. Constituyentes del ser vivo.
- e) Máquina Universal de Turing. 1936 Teoría de la Computación. Inteligencia Artificial.

El Teorema de Gödel

La ciencia necesita una estructura formal y la Física es el ejemplo más claro. Sea cual sea la opinión que se tenga del origen y desarrollo de esta formalización el hecho es que existe. Todo formalismo, toda estructura formal, consta de elementos, axiomas, que son proposiciones escritas en el lenguaje del formalismo, reglas de deducción y algunos otros componentes, principalmente si lo formalizado es una Ciencia de la Naturaleza: Leyes en forma de axiomas y, lo más problemático, relaciones entre los elementos de la teoría y los de la propia Naturaleza. Esto último suele ser el aspecto más polémico de la formalización; la conexión entre la estructura formal y la experimentación.

Sólo plantear este problema con rigor exige ya ser un especialista en Teoría de la Ciencia.

Lo cierto es que la Física, y en menor medida otras disciplinas, exige una estructura formal

la cual sirve como garantía del trayecto de ida y vuelta entre el papel y el experimento. Lo que se deduce, siguiendo las normas de la teoría, sobre el papel, predice lo que va a dar el experimento y lo que da el experimento tiene que ser explicado en el papel.

Pues bien, lo que viene a decir el Teorema de Gödel es que el propio formalismo garante del proceso, sea cual sea el mismo, tiene un límite, un límite interno, en el sentido siguiente:

— Un conjunto de axiomas es consistente si de ellos no se puede deducir una proposición y la negación de la misma, a la vez.

— Un conjunto de axiomas es completo, (técnicamente, «completo en negación»), si, dada una proposición cualquiera es siempre demostrable o ella misma o su negación.

El teorema de Gödel establece que cualquier conjunto de axiomas, que contenga, al menos, los números naturales, no puede ser a la vez consistente y completo.

A partir de una cierta complejidad —los números naturales, la aritmética—, los formalismos no están, en cierto sentido, garantizados. No hay que entender mal el teorema: no quiere decir que vayamos a encontrarnos aquí y allá con contradicciones en las matemáticas, entendiendo por ellas las estructuras algebraicas, topológicas, geométricas... Lo que nos asegura es lo vano que resulta tratar de construir una teoría formal medianamente compleja tal que, si no tiene contradicciones, nos permita en principio decir de cualquier proposición si es demostrable o no lo es.

En pocas palabras; la quintaesencia de la razón deductiva, que es una teoría formalizada, tiene un límite. Y en la medida que los formalismos sean paradigmas de otras formas de pensamiento, hay que saber que el propio formalismo ha encontrado un punto final; en cierto sentido, una aporía. Y lo que es más importante, esto es demostrable.

La Teoría de la Relatividad

Si hay una teoría física cuya estructura matemática es envidiable es la Teoría de la Relatividad. Simplificando un tanto las cosas, nos dice que el Universo: espacio, tiempo, energía, materia es geometría. Aunque no se debe jugar a profeta, no es arriesgado suponer que en tan buen tiempo no se va a elaborar una estructura semejante. Habla de los constituyentes más básicos de cualquier otra teoría y sus consecuencias condicionan hipótesis y resultados. Lo de menos es que algunas de sus conclusiones vayan contra el sentido común, —por ejemplo la relatividad del tiempo—, eso sucede en otras muchas teorías; casi podría decirse que si, de alguna manera una teoría física no va contra el sentido común, es innecesaria. Lo más importante es que su referente es el todo, el Universo, lo que hay, y que éste responde a una estructura geométrica bien definida: la Geometría Riemanniana.

Pero, si bien está afirmando que el espacio, el tiempo, la masa, son relativos al sistema de referencia de medida, —de ahí el nombre de relatividad—, no es menos cierto que asegura que en cualquier sistema de referencia las leyes de la Física son las mismas. Por eso en algún momento se ha dicho que la Relatividad

es una de las teorías más absolutas. Esta idea de invarianza, de Simetría, ha resultado luego ser una de las generales y fructíferas en el desarrollo de la disciplina a lo largo del siglo xx.

La Relatividad, que permite deducir el Universo finito, dinámico, con un origen temporal, tiene también su propio límite. Y éste además es doble:

Por una parte nos encontramos con el no-Universo, derivado directamente de la finitud.

Por otra, en las propias ecuaciones de la teoría aparecen como posibles las singularidades.

Resolver estas ecuaciones, enormemente simples en su formulación, de forma general es, en estos momentos, tarea imposible. Su dificultad escondida desborda toda capacidad actual de cálculo, pero de ellas se obtienen puntos en los que la física se atasca. Son los negros.

Hoy por hoy, cualquier forma de pensamiento que se refiera al espacio, al tiempo a la materia, tiene que saber lo que la Relatividad propone. Esto no quiere decir, en absoluto, que estemos ante una teoría definitiva; eso no existe, pero es tal la envergadura de su propuesta que resulta ineludible contar con ella para hablar del Universo desde el punto de vista que se quiera.

La Mecánica Cuántica

El atomismo tiene, como es sabido, una larga tradición con alguna obra de arte por medio; *De Rerum Natura*, pero siempre ha conducido a cierto tipo de paradojas; las paradojas de lo divisible.

No es fácil pensar algo que no podemos seguir desmenuzando. Es obligado dar un salto cualitativo para aceptar lo indivisible. De hecho, costó tiempo el conseguir que la idea de átomo se introdujera en la Física y no fue ella la primera disciplina en aceptarlo. Era previsible que trajera problemas serios. Pero lo que a finales del siglo pasado no era ya previsible es que la propia Física se iba a encontrar con una disciplina que se separaba de ella en sus convicciones más fundamentales: una nueva Física, la de la Mecánica Cuántica.

Hay, incluso, quien viene a sostener que las hipótesis más arriesgadas de la misma surgen –1920:1930– gracias a una cierta prevalencia en el pensamiento europeo, de lo irracional. Lo cierto es que el casi siglo que lleva de vida, (considerando como origen la propuesta de M. Planck en 1900) no ha servido para llegar a un mínimo acuerdo respecto a su interpretación: Qué es lo que hacemos cuando la utilizamos. Si hay una disciplina en la que predomine la postura pragmática (la ciencia es un conjunto de recetas: si se hace esto, se obtendrá esto otro) es dentro de la Mecánica Cuántica en su estado actual.

Enumeremos unos cuantos aspectos desconcertantes:

1) La Mecánica Cuántica contiene postulados probabilísticos. No todo en Mecánica Cuántica es probabilístico, ni muchísimo menos, pero lo que es, lo es radicalmente. No es la ignorancia acerca de parámetros fuera de nuestro control lo que provoca que, aun repitiendo las condiciones iniciales, obtengamos resultados distin-

tos. Es que, se mire como se mire, situaciones en las que los experimentos, respaldados por la teoría, nos tienen que dar distribuciones de probabilidad, en vez de valores no variables.

2) Un sistema puede estar en una combinación de estados.

3) No todo lo que medimos debe hacer referencia a una propiedad.

4) No sabemos interpretar completamente qué sucede en un proceso de medida.

5) En el estado actual de la disciplina, y a falta de nuevos datos, parece violarse el principio de localidad. (Si dos puntos están suficientemente lejos no pueden afectarse en un lapso de tiempo suficientemente corto.)

En pocas palabras; la disciplina que nos viene a contar cómo es el mundo de los constituyentes del Universo, es, en sus propios fundamentos, tan desconcertante, que aún hoy no existe una interpretación aceptada de la misma. Y sobre ese mundo subatómico esta construido lo que materialmente somos y lo que nos rodea. No es sólo un problema de lo infinitamente pequeño, de lo no «visible». Tenemos efectos cuánticos a otros niveles. El láser, el microscopio túnel, y en poco tiempo el ordenador, son o serán consecuencia directa del comportamiento cuántico de la naturaleza.

La Biología Molecular

La base de la materia son las partículas que se agrupan en átomos y éstos en moléculas. La Biología viene a decirnos que en las células, los componentes mínimos de los organismos vivientes, no hay energías, campos o partícu-

las distintos de los que constituyen las piedras.

La vida celular es un conjunto de procesos de una complejidad enorme entre moléculas del que aún se ignora buena parte

Los organismos llevan, en buena medida, escritos en sus genes, cuya base molecular son ácidos nucleicos, lo que son y lo que serán. La ley básica —una simplificación de los hechos, pero elocuente— enuncia: «Un gen: una proteína», las cuales son los constituyentes básicos de la célula, y por lo tanto, de los tejidos de los órganos.

Las células se comunican entre sí. Emiten señales y gracias a ellas «saben» quiénes son sus vecinos, cuando tienen que iniciar algún mecanismo, cuando han de reproducirse y, por lo que ahora sabemos, cuando tienen que morir. Entre estas señales que se envían importan y mucho, en los organismos superiores, las nerviosas; señales de potencial y neurotransmisores que viajan de emisores a receptores disparando nuevos procesos o modulándolos.

La actividad cerebral parece ser pues, un flujo de moléculas y pulsos eléctricos. Así deben producirse las sensaciones, los razonamientos la memoria y, al menos, algunas voliciones. No sabemos qué sucede para que sea posible la creación, la voluntad los sentimientos superiores, pero ahora no es difícil provocar agresividad, pasividad alucinaciones o recuerdos.

La Biología molecular nos lleva al límite de la vida y allí se encuentra el problema de la conciencia, del yo, del ser uno. Es una aporía.

La segunda aporía es el propio sentido. Así como en Mecánica Cuántica era fácil encontrar posturas pragmáticas, aquí lo es hallarlas reduccionistas y sin embargo, cuando se introducen principios explicativos como el azar, la necesidad o la teleonomía, es el yo, que la Biología aún no puede explicar, quien introduce a los dioses en la materia.

La Máquina de Turing

La Biología Molecular, la Fisiología, o la Anatomía nos llevan al cerebro. No es fácil desde cualquiera de estas disciplinas responder a la pregunta: ¿qué es pensar? Pero aún hay otra vía de aproximación, la que estableció Turing hacia 1936, cuando los ordenadores todavía estaban por aparecer, que tenemos que reseñar.

60 La máquina de Turing, como es sabido, tiene poco que ver con los aparatos; es un formalismo. Que se pueda tener una imagen gráfica de ella, o que se puede construir un mecanismo que la aproxime, sólo sirve para hacer más atractivo un razonamiento bien sorprendente. Su teoría versa sobre lo computable, procedimientos efectivos, programas, funciones recursivas y cosas por el estilo. Ni siquiera, en rigor, la máquina es construible; necesita una cinta de papel indefinida.

Su idea principal es el «procedimiento efectivo», el cual consiste en una serie de órdenes tales que, cumplida una, queda perfectamente determinada la siguiente a ejecutar.

La máquina, en sí, es un mecanismo de una simplicidad increíble: Una cabeza de lectura/escritura sobre una cinta de papel cuadrículada, capaz de recorrerla, casilla a casilla, a

izquierda y a derecha. Un alfabeto, y la capacidad de estar en cada momento en un estado bien definido, incluyendo en ello el estar parada.

Turing formuló una tesis: «Para cualquier procedimiento efectivo existe una máquina capaz de procesarlo y obtener el resultado».

Aparentemente los procedimientos efectivos no deberían cubrir muchas necesidades, pero de hecho no es así. Muy al contrario la pregunta que tenemos que hacernos es: ¿hay procedimientos que no sean efectivos? Y lo más interesante es que la respuesta es afirmativa. Hay procedimientos para los que la máquina Turing no nos da respuesta.

Incluso se formula otra cuestión: ¿lo que realiza nuestro cerebro son procedimientos efectivos, nada más, o realiza otro tipo de procesos?

Turing formuló una pregunta inversa, posiblemente, de discusión más nítida; al comienzo de su trabajo de 1950 dice: «Propongo que se considere la cuestión: “¿Pueden pensar las máquinas?”».

Sea cual sea la pregunta, todas apuntan al problema de la mente y la máquina, sobre el que, en estos momentos, hay tan abundante bibliografía que excusa cualquier añadido.

¿Cual es el límite en Teoría de la Computación? Aquí se cierra el círculo de nuestro recorrido.

Hemos empezado hablando de las máquinas de Turing y nos hemos deslizado a la máquina de Turing. No es una figura retórica. Una de las cosas importantes que puede hacer una

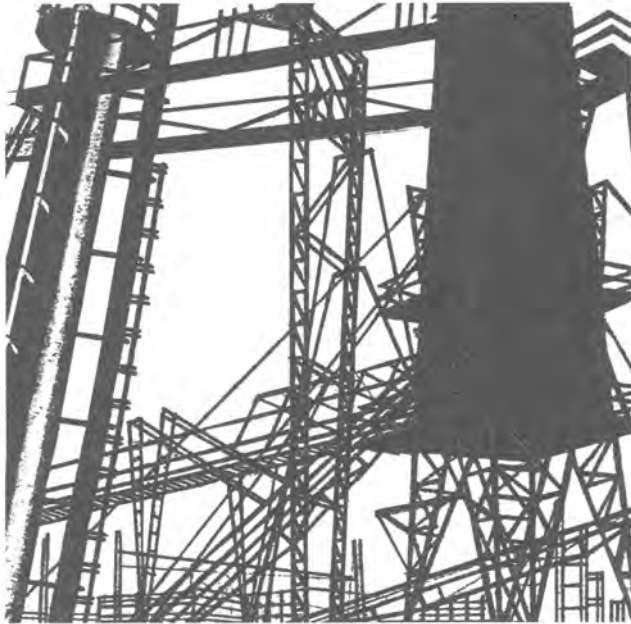
máquina de Turing es «leer» el funcionamiento de otra máquina y comportarse como ella. De aquí se desprende el sorprendente resultado: Es posible —y no complicado, además— construir una máquina de Turing universal que interprete todas las otras máquinas y se comporte como ellas.

Ahora bien, si una máquina de Turing se lee a sí misma entra, lógicamente, en un bucle infinito, pues lo único que es capaz de hacer es repetirse indefinidamente. No se para. El oráculo no contesta ni sí, ni no.

Y resulta además, que la pregunta más importante que le podíamos hacer a una máquina de Turing es de este tipo. Es un indecidible; no

hay respuesta, ni sí, ni no. La pregunta es ésta: Dado un procedimiento cualquiera, antes de ejecutarlo, ¿es posible saber si la máquina de Turing que lo procese, se parará, o no? La respuesta es: no es posible construir una máquina de Turing que responda en todos los casos.

No es posible saber de antemano si un problema planteado en los términos formales descritos tendrá o no tendrá solución. Si recordamos el teorema de Gödel de la sección A) comprobaremos que la situación es muy semejante. Allí se hablaba de proposiciones demostrables, aquí de procedimientos efectivos, pero la conexión se intuye. Es la aporía de la Teoría de la Computación, su límite; no hay camino más allá.





Iakov Tchernikhov, «Arhitekturnye Fantazii», 1933.