

# EL OBJETIVO ÚLTIMO DE LA FÍSICA

Mariano HERMIDA DE LA RICA

*Universidad Politécnica de Madrid*

María Luisa MARQUINA SAN MIGUEL

*Universidad Nacional de Educación a Distancia*

*Resumen: Se argumenta en las siguientes páginas que el objetivo último de la física quizás no sea hallar las leyes de las interacciones fundamentales, o explicar (en principio) todo en términos de las leyes fundamentales de la física, como se tiende a pensar hoy en día. Y aunque estos objetivos serán perseguidos (supuestamente) durante bastante tiempo, el objetivo final de la física debiera ser cómo disolver estas leyes fundamentales en la "nada", o lo que es lo mismo: cómo eliminarlas.*

Queremos discutir en este artículo una antigua cadena de razonamiento que actualmente ha sido formulada en otros términos: Se trata de la argumentación que llevó a Aristóteles (Arist. 55, libro VIII, pp. 429-455 (y a otros filósofos antiguos a demostrar la existencia de Dios: Si uno se pregunta por la causa de los fenómenos corrientes se obtienen unas ciertas leyes naturales, si se continúa preguntando por la causa de estas leyes naturales, se pueden obtener algunas leyes más fundamentales. Sin embargo, no se puede proseguir indefinidamente preguntando por la causa de la causa de... ; tarde o temprano, después de un número finito de pasos, se debe llegar a la *Causa incausada, el Motor inmóvil* o como se la quiera llamar. Si se desea, como es perfectamente conocido, también se la puede denominar *Dios*. Naturalmente, esta línea de pensamiento le deja a uno un tanto incómodo, pues permanece el interrogante de por qué no es posible preguntar una vez más por la causa de la primera Causa.

Hoy en día la esperanza se deposita en otros terrenos, no tan religiosos, sino más científicos. Se asume, consciente o inconscientemente, que la primera causa está constituida por un conjunto de leyes lo suficientemente fundamentales de la física. Se espera que una ecuación (o conjunto de ecuaciones)

maravillosamente simple, pero extremadamente profunda, explique el mundo, o las interacciones fundamentales, o los procesos que en principio rigen todos los fenómenos (véase Weinb. 92<sup>1</sup> como un ejemplo interesante de este tipo de postura). Se cree incluso, que una vez que se proporcione una descripción unificada de las cuatro fuerzas fundamentales que se observan en la naturaleza, la física, o mejor dicho la “física fundamental” habrá llegado a su fin, pues habremos alcanzado la razón última de todo (la Causa incausada con otra apariencia). No sabemos si será posible o no una tal gran unificación, pero incluso en el caso de que se llevase a cabo algún día, no por ello habríamos evitado la pregunta inicial: ¿De dónde surgen las leyes fundamentales?

En la base de toda la moderna concepción del mundo está la ilusión de que las llamadas leyes naturales sean la explicación de los fenómenos naturales.

Así, los modernos confían en las leyes naturales como algo inviolable, lo mismo que los antiguos en Dios y en el destino.

Y ambos tienen razón y no la tienen; pero los antiguos eran aún más claros, en cuanto que reconocían un límite preciso, mientras que el sistema moderno quiere aparentar que todo está explicado.

(Wittg. 84, párrafos 6.371-6.372)

La idea que queremos defender es que quizás no existan tales últimas leyes fundamentales de la física. Que, posiblemente, si se profundiza lo suficiente en la búsqueda de las causas, la respuesta es la inexistencia de leyes, la “arbitrariedad completa”. La pregunta difícil, a la que uno se enfrenta desde esta posición, es explicar cómo la arbitrariedad puede generar el orden que aparentemente vemos en el mundo, cómo la ausencia de leyes puede dar lugar a las leyes y propiedades que observamos. Desde luego, el punto difícil es el de deducir de hecho las propiedades del mundo tal y como lo observamos; pero no lo es tanto el intuir cómo la ausencia total de leyes puede generar algunas regularidades observables. Supongamos que no existe ninguna ley, la absoluta ausencia de leyes es en sí misma una ley de “simetría”: Significa que cualquier cosa es posible, que cualquier proceso (o lo que sea) es tan probable como su opuesto, o como otro cualquiera. Así pues, al final uno esperaría obtener alguna clase de “leyes” esta-

---

<sup>1</sup> Estrictamente hablando, esta es sólo una ley aproximada. No es del todo correcta ni para tiempos muy cortos, ni para tiempos muy largos. La ley mecano-cuántica correcta del decaimiento de un sistema inestable es más compleja, véase por ejemplo (Galindo 89, Vol. II, pp. 245-252).

dísticas. Si algún fenómeno es el resultado de la composición de otros dos, si tiene más estructura que los otros dos, entonces en cierta forma es menos probable. Siguiendo esta cadena de razonamiento cabría esperar que cuanto más se profundizase en las causas de los fenómenos naturales más arbitrariedad o "simetría" se debería encontrar. Esta es una forma de interpretar las leyes de la naturaleza muy en la línea de Popper, es decir, de interpretarlas como restricciones a aquello que puede suceder; pero con la aclaración de que las restricciones surgen únicamente por razones estadísticas, y que (a un nivel lo suficientemente fundamental) no existe ningún tipo de restricciones o prohibiciones:

... Vemos que las leyes naturales pueden compararse a "vetos" o "prohibiciones". No afirman que exista algo, o que se de un determinado caso, sino que lo niegan, Insisten en que no existen ciertas cosas o situaciones, como si las vedaran o prohibieran: las excluyen.

(Popper 62, p. 66)

No es ciertamente la primera vez que la existencia de leyes se pone en duda. Desde un punto de vista empirista (véase por ejemplo Fraas. 89) se acepta la existencia de regularidades, pero se niega la existencia de ninguna razón, es decir, de ninguna ley, por la cual estas regularidades deban existir. Una de las objeciones que se formulan usualmente contra esta posición es que si no hay una razón para las regularidades, entonces se carece de justificación para realizar ninguna predicción, o para creer que esas regularidades van a continuar produciéndose en el futuro. Sin embargo, como diría van Fraassen, el punto clave es que no debemos estar tan dispuestos a igualar el tener motivos para creer en la existencia de una regularidad, con el creer que hay motivos para que la regularidad exista. Hay una diferencia modal. Desde este punto de vista, no hay necesidad de postular la existencia de una razón que explique la regularidad, sólo la regularidad es observada empíricamente. Aun a riesgo de simplificar excesivamente la posición empirista, podríamos decir que la "ley" de la gravitación del inverso del cuadrado de la distancia no es la razón que explica el movimiento de los planetas, sino solamente un resumen de las observaciones correspondientes, y como tal, no explica nada. Podemos simpatizar con esta postura, pero no es exactamente lo que estamos defendiendo. Nuestro punto de vista es que a un nivel lo suficientemente profundo, dichas regularidades (de las cuales las "leyes" son sólo un resumen para el empirista) no deberían existir. Sin embargo, encontramos regularidades en la naturaleza, y por tanto estas nos demandan una explicación.

Echemos un vistazo a un ejemplo fácil (y frecuentemente usado) de como la arbitrariedad produce una ley: la ley que gobierna el ritmo de desintegración de una substancia radioactiva. Se sabe que el número de átomos de —digamos— plutonio disminuye con el tiempo de acuerdo con una ley de decaimiento exponencial:

$$N(t) = N_0 e^{-t/T}$$

En la ecuación anterior  $T$  es simplemente una constante de tiempo relacionada con la vida media de los átomos, y  $N_0$  es el número inicial de los mismos. Ésta es una ley macroscópica, pero puede ser obtenida sin más que suponer que los átomos no tienen ninguna preferencia por ningún instante en particular. Es decir, que no hay ninguna ley (ninguna restricción) que gobierne en qué instante debe un átomo en particular desintegrarse. Para un átomo cualquier instante es idéntico a los demás: Dado un intervalo de tiempo " $dt$ ", el número de átomos que se desintegran " $-dN$ " simplemente es proporcional al tamaño de dicho intervalo de tiempo y al número de átomos que todavía no se han desintegrado hasta ese momento:

$$-dN/N = k dt$$

Dicho de otra forma, la probabilidad de desintegrarse (fracción de casos en los que ocurre a casos totales) es independiente del instante de tiempo en particular que se considere, y sólo depende del tamaño del intervalo de tiempo " $dt$ ", dado que a medida que transcurre el tiempo se tienen más instantes en los que puede haber ocurrido una desintegración. Integrando esta ecuación (y tomando  $k = 1/T$ ) se obtiene inmediatamente la ley macroscópica. Pero el punto importante es que la ley se obtiene a partir de la completa arbitrariedad en la elección del momento en el que un átomo decide desintegrarse (o de la completa simetría entre todos los instantes de tiempo). Así pues, la arbitrariedad genera de hecho algunas leyes.

Le debemos a la mecánica cuántica el habernos enseñado la lección del indeterminismo. Sencillamente, que los fenómenos suceden sin que haya para ello ninguna razón, ninguna causa para que ocurran. Si llevásemos esta a lección a sus últimas consecuencias, deberíamos inferir que la naturaleza es arbi-

traría y que no deberíamos de interpretar las leyes de la naturaleza como algo fundamental, sino sólo como el resultado de algún tipo de proceso estadístico o de obtención de promedios.

Siguiendo esta línea de razonamiento, carece de sentido intentar eliminar el azar, la incertidumbre de la mecánica cuántica: la ausencia de ley, la ausencia de causa, es un atributo más fundamental del universo a su nivel más básico que la presencia de ninguna ley. Las leyes sólo deberían aparecer como un subproducto de algún tipo de proceso estadístico. Ignoramos por completo el tipo de proceso estadístico del que se pueda tratar (o *acerca de qué* podría tratar la correspondiente estadística). Por el momento sólo se pueden realizar especulaciones un tanto imaginativas. Por ejemplo, no debería haber ninguna ley que prohibiera definitivamente la existencia de nada, o expresándolo de otra forma, puede que el universo exista porque no había ninguna ley que prohibiese su existencia. En el principio era el Caos, como algunas religiones aseguran. O tergiversando a Leibnitz, más bien podríamos creer en el desorden pre-establecido. En la misma línea, si algo llega a existir, quizás la probabilidad de que ello ocurra sea inversamente proporcional a la cantidad de información necesaria para describir el objeto en cuestión. Así pues, no debería esperarse que las entidades más básicas (¿partículas?) fuesen muy complicadas. Incluso es posible imaginar que las medidas de complejidad del contenido de información (o algo similar a la teoría de la complejidad de Kolmogorov (Ming 93) deberían jugar un papel en la posible explicación de cuáles son las entidades básicas que tiene mayor probabilidad de existir, pues dicha teoría estudia el problema de dilucidar la complejidad intrínseca (o contenido de información) de los objetos matemáticos.

En cualquier caso, si se toman mínimamente en serio estas ideas, nos llevan a considerar que estamos bastante lejos de una "comprensión completa" de las leyes de la naturaleza, porque posiblemente hay demasiada ley en nuestras teorías y muy poca arbitrariedad en las mismas. Sencillamente, no tenemos ni la más remota idea de como reducir las leyes de la mecánica cuántica o de la relatividad general a la ausencia de leyes. Ni siquiera tenemos una idea clara de qué puede significar exactamente la ausencia de leyes: ¿Significa acaso que cada sentencia tiene una probabilidad de ser verdadera inversamente proporcional a la cantidad de información que contiene? Quizás sea posible imaginar un sistema formal en el cual cada sentencia (incluyendo las existenciales) tenga una cierta probabilidad de verificarse, e intentar entonces deducir las propiedades estadísticas de los modelos de este sistema formal. Evidentemente, el sistema formal

no es parte del modelo, así que no hay que suponer su existencia. Es simplemente la forma de describir, o entender, lo que puede ocurrir en la realidad. Es algo que se añade "a posteriori" para comprender los fenómenos. Pero esto es sencillamente especular; lo único que es realmente evidente desde este punto de vista es que estamos aún muy lejos de semejante comprensión completa. Pero poco más hay que podamos afirmar por ahora.

Esperamos que nuestra posición haya quedado clara: creemos que la lección más importante que la mecánica cuántica nos ha enseñado es que pueden ocurrir sucesos sin que haya ninguna razón, ninguna causa para que ocurran. La desintegración de un átomo radioactivo puede ocurrir en cualquier instante, no hay ningún instante privilegiado para que ocurra, pero ocurre. Y creemos que esta idea de la mecánica cuántica es más fundamental que el resto, pues el resto son "las leyes de la mecánica cuántica", lo cual (si esta postura contiene algo de verdad) acabará siendo superado con el tiempo. Sólo la ausencia de ley (la arbitrariedad en la selección del momento en el que la desintegración sucede) es una característica fundamental del universo.

Así pues, resumiendo, ¿qué podríamos decir a los aristotélicos de nuestros días?: Puede ser cierto que no se pueda seguir una cadena infinita de causas o de explicaciones, pero ello no significa que haya una primera Causa incausada, o una primera ley fundamental, de la cual se siga todo lo demás. Puede sencillamente ocurrir que más tarde o más temprano uno se encuentre con la absoluta ausencia de causas y de leyes. Así dicho, puede ser difícil no estar de acuerdo con ello, al fin y al cabo, todo el mundo reconoce que no debe haber una causa para la primera Causa o para las leyes fundamentales. Sin embargo, sí hay una diferencia. Usualmente se supone que la primera Causa es algo extraordinario, la razón de todo, la ley que explica todas las leyes. No creemos que semejante cosa exista, de la arbitrariedad sólo se obtiene ley y orden a través de algún tipo de estadística, lo cual es algo muy diferente a afirmar que existe una razón escondida, pero extraordinaria.

Finalmente, hay algo que es interesante volver a resaltar: ¿Cuán lejos estamos de comprender completamente las leyes físicas? Tal y como hemos dicho, nos tememos que estemos todavía muy lejos. Acabamos de enfrentarnos con el indeterminismo en la mecánica cuántica, y ni siquiera nos hemos reconciliado completamente con la idea. Nuestras teorías matemáticas se desarrollan aceptando un conjunto de axiomas y extrayendo consecuencias de ellos (desde luego, los axiomas no se escogen ciegamente, pero esa es otra cuestión). ¿Qué cla-

se de matemáticas se pueden desarrollar si no hay ninguna ley que gobierne las entidades bajo estudio? La estadística puede ser la respuesta. Quizás, pero ¿cómo y acerca de qué? Puede que incluso necesitemos una nueva rama de las matemáticas si hemos de enfrentarnos a entidades que no obedecen ninguna ley. Así pues, si hemos de terminar este artículo con un punto de vista optimista, podemos acabar asegurando a los físicos que no corren ningún peligro de perder sus trabajos en breve plazo de tiempo. Al menos, si no los pierden en tanto en cuanto haya preguntas que responder.

### Bibliografía

- Arist. 55: *Aristotle's Physics, a Revised Text with Introduction and Commentary* by W. D. Ross, Oxford University Press, 1955.
- Fraas. 89: BAS C. VAN FRAASSEN, *Laws and Symmetry*, Clarendon Press, 1989.
- Galindo 89: A. GALINDO, P. PASCUAL, *Mecánica Cuántica*, Eudema, 1989.
- Ming 93: MING LI, P. VITÁNYI, *An Introduction to Kolmogorov Complexity and its applications*, Springer, 1993.
- Popper 62: K. R. POPPER, *La Lógica de la Investigación Científica*, Versión española por V. Sánchez de Zavala, Ed. Tecnos, 1962.
- Weinb 92: S. WEINBERG, *Dreams of a Final Theory*, Pantheon, 1992.
- Witt. 84: L. W. WITTGENSTEIN, *Tractatus Logico-Philosophicus*, Versión española por E. Tierno Galván, Ed. Alianza Universidad, 1984.