

Newton, newtonianos y el futuro

El futuro ya no es lo que solía ser.
Robert de Niro en *El Ángel Diabólico*.

Al poco tiempo de publicado los *Principia*, el sistema newtoniano se convirtió en el paradigma de la explicación científica del mundo. La imagen del universo era la de una inmensa maquinaria, un preciso mecanismo de relojería cuyas leyes de funcionamiento es posible (y es nuestro deber) desentrañar. Dios es el gran relojero que lo ha construido y lo ha echado a andar, pero una vez en movimiento evolucionará fatal e inexorablemente de acuerdo con las leyes newtonianas. La presencia de Dios fue desplazada de los conceptos de espacio y tiempo absolutos, nociones cada vez menos consideradas por los postnewtonianos, hacia el concepto de promulgador de leyes. Dicen que cuando Laplace mostró su monumental Mecánica Celeste al Emperador Napoleón, se estableció el siguiente dialogo:

Napoleón: -Usted ha escrito este enorme libro sobre el sistema del mundo sin mencionar ni una vez al autor del Universo.

Laplace: -Señor, Dios es una hipótesis que no me hace falta-

Más tarde, cuando Napoleón le contó el incidente a Lagrange, este comentó: -ah, pero es una hipótesis tan fina, explica tantas cosas...

Nunca antes las nociones de determinismo, causalidad y predictibilidad se habían hecho tan reales como con la mecánica de Newton. Para conocer la trayectoria de una bala, basta conocer su posición inicial y su velocidad inicial, además de las fuerzas que actúan sobre ella. La evolución del sistema solar puede ser obtenidas si conocemos las posiciones y las velocidades de los planetas y del sol en un instante arbitrario. En gran medida el sistema newtoniano es un algoritmo para predecir el estado del mundo en un instante cualquiera si se conoce el estado en otro instante. Laplace lo entendió profundamente cuando intuyó la presencia de una inteligencia

...que pudiera conocer todas las fuerzas que animan la Naturaleza y las posiciones mutuas de los entes que la componen; Si ese intelecto fuese lo suficientemente vasto como para someter estos datos a análisis, podría condensar en una sola fórmula el vasto movimiento de los cuerpos más grandes del Universo y el del átomo más liviano. Para tal inteligencia nada sería incierto y el futuro así como el pasado, estarán presentes ante sus ojos.

El éxito de esta visión mecanicista de la realidad física iba de la mano con el éxito empírico de las leyes de Newton: ellas no sólo proveían una unificación de la física terrestre con la celeste,

sino que además explicaban el porqué de las mareas y los movimientos de los planetas del sistema solar. Gracias a ellas podíamos vaticinar con exactitud los eclipses y prever la aparición de los cometas con una certidumbre que iba más allá de las hojas de tabaco y la bola de cristal. El broche de oro fue lograr la hazaña de predecir nada menos que la existencia de un nuevo planeta en el sistema solar: Neptuno.

El desarrollo futuro del paradigma newtoniano fue la generalización de los principios establecidos por Newton a otras áreas, a nuevas situaciones, al hallazgo de nuevos campos de aplicación y a la elaboración de novedosas y sofisticadas maneras de formular los principios newtonianos. Para decirlo en el lenguaje de Kuhn, desarrollar la ciencia normal que terminara de consolidar el paradigma una vez terminada la revolución que lo instauró. Así, William Rowan Hamilton, Leonard Euler, Joseph Lagrange y Gustav Jacobi desarrollaron nuevos formalismos en los cuales nuevas estructuras matemáticas servían de apoyo a los mismos conceptos físicos. Estas sugestivas presentaciones del sistema newtoniano permitieron desarrollar técnicas de cálculo para sistemas más complicados y fueron fundamentales para el desarrollo de la teoría cuántica, ya en el siglo XX.

Por otra parte, Lagrange había notado que es posible expresar la ley de gravitación de Newton en términos de la influencia de un campo que llena el espacio continuamente y que George Green en 1828 llamó *potencial*. Laplace fue capaz de conseguir una ecuación diferencial para el cambio del potencial en el espacio exterior a las masas que crean el campo. Poco después, Simeón Poisson generalizó la ecuación de Laplace concibiendo una ecuación que determina el cambio del potencial en el interior de una masa cualquiera, en términos de la densidad de la masa.

EL DESCUBRIMIENTO DE NEPTUNO

Los astrónomos del siglo XIX observaron que la órbita que describía el planeta Urano no se correspondía con la que establecía la ley de gravitación de Newton. En lugar se concluyó que la ley de gravitación fallaba, Urbain Jean Le Verrier en Francia y John Couch Adam en Inglaterra supusieron que un planeta hasta entonces desconocido e inobservado perturbaba gravitacionalmente a Urano, haciéndolo seguir la trayectoria anómala que observaban los astrónomos. Con datos en la mano, calcularon con la teoría de Newton cuál debía ser su localización. A finales de agosto de 1846 Leverrier presentó sus cálculos a la Academia de Francia; el 18 de septiembre le escribió al astrónomo alemán Johann Gottfried Galle, de Berlín. El 23 de septiembre apareció en las lentes de los telescopios y con apenas un grado de desviación respecto de la posición predicha por Leverrier, el nuevo planeta. Para gloria de Newton y Leverrier, Neptuno acababa de ser descubierto y el poder predictivo del sistema newtoniano se había anotado otro éxito espectacular. Muchos años después, en 1930, el planeta Plutón fue descubierto usando la misma estrategia.

Además, se desarrollaron también como extensiones naturales de la teoría de Newton, la hidrodinámica o dinámica de fluidos y la acústica o teoría de propagación de las ondas sonoras; es decir, se logró obtener la descripción de los medios continuos como un caso límite de una teoría con un número muy grande de partículas discretas, cada vez más juntas. Esta generalización es la base de las modernas teorías de campo que juegan un papel fundamental en la física contemporánea. Incluso las leyes de la termodinámica fueron entendidas hacia finales del siglo pasado como efectos del

promedio de la acción de un enorme número de moléculas sujetas a las leyes de movimiento establecidas por Newton.

Mientras tanto el inglés James Clerk Maxwell había logrado sintetizar en un compacto conjunto de ecuaciones la descripción de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Las ecuaciones de Maxwell no sólo mostraban una profunda unidad y entrelazamiento entre la electricidad y el magnetismo, fenómenos que hasta entonces se habían considerado como independientes, sino que además sugerían con insistencia que la luz no es otra cosa que un campo electromagnético con capacidad de propagarse, integrando la óptica al electromagnetismo. El segundo gran paso en el proceso unificador de las fuerzas de la naturaleza se había consumado.

A finales del siglo pasado una buena parte de la realidad había sido inventada. A los constituyentes básicos del mundo físico de Newton -el espacio, el tiempo, la fuerza y el punto material- se agregaban ahora los campos electromagnéticos. Newton y Maxwell, la física de las partículas materiales y la física del éter. Juntos podían dar cuenta de casi toda la realidad observada. Hubo quien pensó que la física teórica podía darse por terminada y que tan sólo faltaba atar algunos cabos sueltos aquí y allí, hacer algunas extensiones menores y ampliar el campo de aplicaciones. En 1880 el director de la oficina de patentes de Prusia le pidió a su gobierno que clausurara la oficina, pues ya no había nada concebible que inventar. En 1894 el reconocido físico Albert Michelson opinó así:

Las más importantes leyes fundamentales y hechos de la ciencia física han sido todos descubiertos, y están tan firmemente establecidos que la posibilidad de que sean suplantados como consecuencia de nuevos descubrimientos, es tremendamente remota... Nuestros futuros descubrimientos deben ser buscados en la sexta cifra decimal.

Pero, como siempre, la fantasía le quedó pequeña al mundo, y el futuro, que ya no era el que solía ser, anunciaba sorpresas que habrían de provocar un cataclismo conceptual en el viejo orden.

Nuevas revoluciones científicas que alterarían nuestra imagen y nuestra comprensión del mundo físico estaban por producirse y apenas quince años después de la afirmación de Michelson, estaban en el escenario Einstein y Bohr con la relatividad y la teoría cuántica en sus bolsillos. Ellas nos mostrarían que el Universo es más sutil de lo que se había sospechado y que al penetrar en zonas inéditas de la realidad debemos estar dispuestos a cambiar algunas nociones caducas por otras más apropiadas a las circunstancias. Pero Newton había mostrado cómo recorrer el camino y a pesar de los necesarios cambios su resultado iba a conservar lo esencial del espíritu newtoniano.