

1796. Laplace expone “el sistema del mundo”



Retrato de Pierre Simon de Laplace

En 1796, Laplace publicó “*Exposición del sistema del mundo*”, obra en la que formuló una teoría sobre la formación del Sol y del sistema solar a partir de una nebulosa. **Aunque con mucho mayor detalle y múltiples refinamientos, esta “hipótesis nebular” permanece en nuestros días como el fundamento básico de toda la teoría de la formación estelar.** Eminente matemático y astrónomo, Laplace también demostró la estabilidad del sistema solar, sentó las bases científicas de la teoría matemática de probabilidades y formuló de manera muy firme e influyente la imagen de un mundo completamente determinista.

Astrónomo, primer ministro y marqués

Pierre Simon de Laplace nació en 1749 en una familia de granjeros de la baja Normandía. Estudió en la Universidad de Caen donde fue recomendado a d’Alembert. Este último quedó muy impresionado por la capacidad en matemáticas del joven Laplace y le recomendó para un

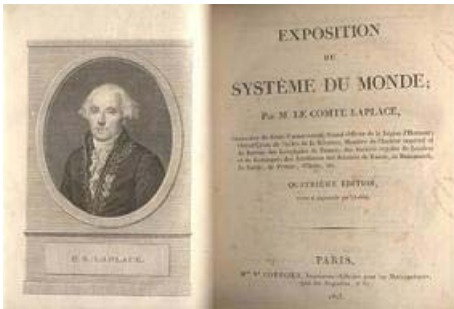


puesto de profesor en la Escuela Militar. Considerado el mejor matemático de su tiempo, Laplace tuvo también ambiciones políticas y **llegó a ser Primer Ministro con Napoleón**, aunque sólo permaneció en el cargo 6 semanas. Tuvo una gran habilidad para mantener su éxito tanto tras la Revolución francesa (Napoleón le impuso la Legión de Honor en 1805 y le nombró Conde del Imperio en 1806) como tras la restauración de los Borbones (que lo nombraron marqués en 1817). Laplace vivió en París desde su juventud hasta su muerte en 1827.

La estabilidad del sistema solar

La mecánica celeste basada en los principios de Newton cosechó un enorme éxito durante el siglo XVIII pero, no obstante, **algunos movimientos anómalos seguían sin solución**: Júpiter estaba sometido a una aceleración aparente mientras que Saturno parecía frenarse poco a poco y la Luna también mostraba un movimiento acelerado. Si estos movimientos continuaban indefinidamente, Júpiter caería sobre el Sol, Saturno se escaparía del sistema solar, mientras que la Luna parecía destinada a caer sobre la Tierra.

Con tan sólo 23 años de edad, Laplace se interesó por estos problemas y demostró que la aceleración de Júpiter y el frenado de Saturno eran movimientos periódicos. Los larguísimos períodos (del orden de mil años) habían hecho creer hasta entonces que estas variaciones eran continuas e indefinidas (“seculares”). En 1785 demostró que tales anomalías se debían a la posición relativa de Júpiter y Saturno respecto del Sol. **Todo ello necesitó de una cantidad enorme de cálculos muy detallados.** En 1787 Laplace demostró que el movimiento anómalo de la Luna también era oscilatorio y que estaba ocasionado por pequeños efectos (de “segundo orden”) en el sistema triple Sol-Tierra-Luna.



Exposition du Systeme du monde (1813)

Los parámetros del sistema solar y los movimientos de sus cuerpos podían estar sujetos a variaciones, pero lo que **Laplace argumentó es que estas variaciones eran periódicas y, por tanto, el sistema solar debía ser estable y auto-regulado.** Todas estas ideas se recogieron en su obra *Exposition du Système du monde* publicada en 1796.

El demonio de Laplace

Sus estudios sobre la estabilidad del sistema solar llevaron a suponer a Laplace que todos los fenómenos naturales obedecen a leyes deterministas. El astrónomo utilizó una imagen muy gráfica para expresar esta idea: **si un ser sobrehumano (un “demonio”) conociese la situación inicial de las partículas en el universo, resolviendo las ecuaciones de movimiento podría conocer su futuro con detalle infinito.** Según Laplace nuestro universo sería pues completamente determinista: todo en el universo estaba determinado de antemano. Naturalmente este determinismo tendría implicaciones filosóficas, en particular en lo que se refiere a la libertad de las personas.

Hoy sabemos que la ciencia contemporánea impone límites claros a este determinismo. Por un lado, **la teoría del caos demuestra que un sistema complejo puede comportarse de manera impredecible.** Por ejemplo: aunque las ecuaciones de Newton gobiernan los movimientos de los cuerpos del sistema solar, resultaría completamente imposible resolver estas ecuaciones con precisión infinita. Por otro lado, **la mecánica cuántica ha demostrado el comportamiento no determinista de sistemas microscópicos.**

La formación del sistema solar

En su *Exposition du système du monde* Laplace no sólo se interesaba por la evolución del sistema solar, sino que también estudió su formación. Siguiendo los descubrimientos de



Formación del sistema solar | NASA

nebulosas realizados por William Herschel en Inglaterra, **Laplace pensó que el colapso gravitatorio de una nebulosa podría haber dado origen a la formación del Sol y que el material orbitando en torno al Sol podría condensarse para formar una familia de planetas.** Esta teoría explicaba de manera natural que todos los planetas orbiten en torno al Sol en el mismo sentido (de oeste a este) y que sus órbitas estén en un mismo plano.

La “hipótesis nebular” de Laplace fue pronto generalizada por Herschel (a principios del XIX) para explicar la formación y evolución de todas las estrellas y de sistemas estelares. Estas ideas evolutivas prepararon el camino a Darwin que enunció su teoría de evolución de las especies en 1859. **Aunque con mucho mayor detalle, esta hipótesis nebular sigue siendo el fundamento de las teorías contemporáneas de formación estelar.**

Mecánica celeste y probabilidades

El libro *Exposition du Systeme du monde* apenas contenía matemáticas, fue traducido a muchos idiomas y tuvo una influencia enorme. Sin embargo, la obra capital de Laplace, en la que expresa con todo detalle y rigor matemático sus investigaciones sobre el sistema solar, es el conjunto de cinco volúmenes ***Traité de mécanique céleste (1799-1825)***.

Laplace también dotó de rigor matemático a la teoría de probabilidades en su obra ***Théorie analytique des probabilités***. Entre otros logros, en esta obra formuló el método de los mínimos cuadrados que es fundamental para la teoría de errores.

Curiosidades

- Napoleón refiriéndose a la obra *Exposition du système du monde*, comentó a Laplace: “me cuentan que ha escrito usted este gran libro sobre el sistema del universo sin haber mencionado ni una sola vez a su Creador.” A lo que Laplace contestó **“Sire, nunca he necesitado esa hipótesis”**. Esta respuesta de Laplace hacía referencia a que, un siglo antes, cuando Newton aplicó al sistema solar su ley de gravitación, al no ser capaz de explicar las anomalías de los movimientos de Júpiter y Saturno, argumentó que tales anomalías se debían a la voluntad divina. Laplace parecía querer mostrar, además de una cierta superioridad sobre Newton, que sus teorías sólo estaban basadas en la ciencia positiva.
- Cuando Napoleón, divertido por la respuesta de Laplace, le comentó la anécdota a Lagrange, este último exclamó “Ah! [Dios] es una bella hipótesis que explica muchas cosas”. Napoleón también le contó esto a Laplace, a lo que éste muy astutamente argumentó **“aunque esa hipótesis pueda explicar *todo*, no permite predecir *nada*”**. Estas anécdotas revelan el ateísmo de Laplace.

- **La transformada de Laplace no fue descubierta por éste, sino por Euler (1707-1783).** Esta transformación matemática lleva el nombre de Laplace porque este último la utilizó mucho en sus trabajos de probabilidades. La transformada de Laplace es un elemento básico en muchos campos de la física matemática.
- **Laplace es uno de los 72 insignes científicos franceses que tienen su nombre inscrito en torno al primer piso de la Torre Eiffel.** Gustave Eiffel inscribió allí esos nombres como un homenaje a los mayores científicos galos. Junto con Laplace hay otros 5 astrónomos: Arago, Delambre, Delaunay, Lalande y Le Verrier.