

**SUPCYT prosigue con la publicación de una serie de pequeñas notas para difundir actividades de compatriotas en torno a la ciencia. Hoy es un distinguido Profesor de Biofísica, el Dr. Jorge Castro, quien nos acerca un texto fruto de su insaciable curiosidad e infatigable devoción por el estudio. Gracias a él, un importante aniversario en la historia de la matemática, que corría el peligro de pasar sin recordatorios, puede ser evocado en su importante dimensión.**

*Cristina Arruti, presidenta de SUPCYT*

**Pierre-Simon de Laplace**

## **“Théorie Analytique des Probabilités” publicada hace dos siglos**

*Por Jorge Castro\**

Se ha imaginado una conversación en la cual el Gran Duque de Toscana plantea un problema a Galileo, su protegido y antiguo maestro: “—Suelo jugar a los dados con un rival. Cada uno tira por turno tres dados. Si resulta 9, gano yo. Si resulta 10, gana él. ¿Por qué mi rival gana todas las noches, siendo que tanto el 10 como el 9 se pueden formar con tres dados de seis maneras diferentes?” El documento inspirador de este diálogo es un texto auténtico en el cual Galileo calcula que 10 debe salir 125 veces en 1000 jugadas. Diríamos, en términos actuales, que la probabilidad del resultado 10 es 125 por mil. Más adelante, Galileo explica que, en cambio, la probabilidad de 9 es menor que 125 por mil.

La práctica de los juegos de azar incentivó el desarrollo inicial de la teoría de la probabilidad. Se considera que la obra fundacional de esta disciplina fue “Ars coniectandi” (Arte de conjeturar) de Jacobo Bernoulli, publicada póstumamente en 1713.

Casi un siglo después, en 1812, el matemático francés Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) publica su “Théorie Analytique des Probabilités” (TAP, en adelante). Recopila en esta obra las memorias sobre probabilidad que había presentado ante la Academia de Ciencias de París, desde 1771, y agrega nuevos desarrollos. La segunda y la tercera edición de TAP son, respectivamente de 1814 y 1820. El mismo año que la segunda edición, publica su “Essai Philosophique sur les Probabilités” (EPP, en adelante), luego incorporado como introducción a la tercera edición. Actualmente se encuentra EPP publicado separadamente del resto de la obra, como lo fue inicialmente. Circula en Montevideo una traducción de Pilar Castrillo, autora también de una oportuna introducción y anotaciones.

### **Análisis matemático**

El “análisis”, aludido en el título de TAP y en numerosos pasajes de la obra, consiste en el abordaje matemático fundado en la utilización de símbolos, fórmulas y cálculos de límites, que, habiendo nacido en el siglo XVIII, se destacó en el siglo siguiente. Escribe Laplace: “la lengua del análisis es la más perfecta de todas, siendo por sí misma un importante instrumento de descubrimientos; sus notaciones, cuando son necesarias y hábilmente imaginadas, son otros tantos gérmenes de nuevos cálculos”.

El matemático Lagrange (1736-1813), contemporáneo de Laplace, había presentado, en su “Méchanique analytique”, una advertencia introductoria que se podría aplicar a la TAP: “Me propuse reducir la teoría de esta ciencia, y el arte de resolver los problemas que se relacionan con ella, a fórmulas generales cuyo simple desarrollo ofrece todas las ecuaciones necesarias para encontrar la solución. (...) No se encontrará ninguna figura en esta obra. Los métodos que expongo no exigen ni construcciones ni razonamientos geométricos o mecánicos, sino solamente operaciones algebraicas sujetas a una marcha regular y uniforme. Quienes gustan del análisis verán con alegría a la mecánica volverse una rama de él.”

Aunque el contenido de la TAP es fundamentalmente matemático, revela un pensamiento filosófico acorde con su tiempo, una época de desarrollo científico dirigido hacia aplicaciones prácticas y de confianza en la razón como recurso para establecer una nueva organización social. Laplace, viendo más allá de los juegos de azar, entiende la teoría de la probabilidad como un procedi-

miento para reparar los defectos de nuestra capacidad de conocer. Entonces, dirige su interés hacia temas diversos, como la indagación de las causas de los fenómenos, la estadística vital y la teoría de los errores de observación, llegando a incursionar en los fenómenos sociales.

## Determinismo

Cuando publicó TAP, Laplace había terminado cuatro de los cinco volúmenes de su "Mécanique céleste", una aplicación exhaustiva y exitosa de la mecánica newtoniana al sistema solar. También había participado, como miembro fundador, en el "Bureau des Longitudes", creado bajo la Revolución Francesa con el cometido de resolver los problemas geodésicos y astronómicos involucrados en la determinación de la longitud geográfica para la navegación y el cálculo de efemérides astronómicas.

Estaba, entonces, familiarizado con el determinismo de la mecánica newtoniana, que le pareció aplicable a toda la naturaleza, como expresa su célebre pasaje de EPP: "Así, pues, hemos de considerar el estado actual del universo como efecto de su estado anterior y como la causa del que ha de seguirle. Una inteligencia que en un momento determinado conociera todas las fuerzas que animan a la naturaleza así como la situación respectiva de todos los seres que la componen, si además fuera lo suficientemente amplia como para someter a análisis tales datos, podría abarcar en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más ligero; nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos. El espíritu humano ofrece, en la perfección que ha sabido dar a la astronomía, un débil esbozo de esta inteligencia".

Sin embargo, al finalizar el siglo XIX, se comenzó a interpretar los procesos en los cuales participan grandes cantidades de partículas (por ejemplo, la expansión de un gas) como transiciones de estados menos probables a estados más probables, aplicando el concepto de probabilidad a un terreno diferente del previsto por Laplace. Más tarde, ya iniciado el siglo XX, se llegó a la convicción de que no cabía considerar la posición y la velocidad de una partícula (por ejemplo, de un electrón) como perfectamente determinadas, sino que, más bien, se debe pensar en la probabilidad con que se encontrarán diversos valores posibles al medir estas magnitudes. Surgieron así dos grandes capítulos de la física actual, no sospechados a principios del siglo XIX, la "Física Estadística" y la "Física Cuántica", los cuales muestran que el mundo contiene un comportamiento probabilístico en su estructura, incompatible con el funcionamiento de aquella inteligencia omnisciente imaginada por Laplace.

## Principios generales

Entre varios aspectos valiosos del TAP, están los principios que Laplace formula para basar su teoría. Habiendo destacado previamente la necesidad de rigor en el razonamiento, porque "la teoría de las probabilidades obedece a consideraciones tan delicadas que no es raro que, partiendo de los mismos datos, dos personas lleguen a resultados distintos, sobre todo en las cuestiones más complejas", Laplace formula siete "principios generales". El primero de estos principios muestra la probabilidad como cociente entre el número de casos favorables y el de todos los casos posibles (una tentativa de definición fructífera, aunque hoy superada). En seguida, trata de la función generadora de momentos (una expresión de los valores de probabilidad atribuidos a varios resultados posibles, en una forma particularmente útil para el razonamiento matemático), presenta una versión precisa de lo que más tarde se llamaría teorema de Bayes (que responde a preguntas como "dado un paciente con ciertos síntomas, ¿en qué enfermedad corresponde pensar como causa de ellos?"), y desarrolla el teorema central del límite (el cual afirma que los promedios obtenidos de muestras tomadas de una misma población están distribuidos de acuerdo con la conocida curva normal o de Gauss, dentro de condiciones que se cumplen en muchos casos de interés práctico).

Laplace presentó estos temas de modo unificado, utilizando el análisis como método y, aunque algunos ya habían sido esbozados por sus antecesores, la obra contribuyó al prestigio y reconocimiento de la teoría de la probabilidad. La TAP también revela una corriente filosófica memorable, propia de su época.



## Bibliografía

- Laplace, P. S. (1820). *Théorie analytique des Probabilités*. 3a ed. Paris: Courcier. [en línea] Consultado el 20 de octubre de 2012 en Internet Archive (Contribución de New York Public Library.): <http://archive.org/details/oeuvresdelaplace02laplgoog>.
- Laplace, P. S. (1995) *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*. Traducción, introducción y notas de Pilar Castrillo. Barcelona: Altaya. [En la tapa y en la portada de esta edición, se escribió por error "posibilidades" en lugar de "probabilidades"].
- Tankard, J. H. (1984) *The statistical pioneers*. Cambridge: Schenkman.
- Todhunter, I. (1949) *A history of the mathematical theory of probability*. New York: Chelsea.

\***Jorge Castro** es médico egresado de la Facultad de Medicina de la Universidad de la República, con doctorado en ciencias por la Universidade de São Paulo. Fue docente de biofísica y estadística médica. Actualmente jubilado, disponiendo de más tiempo para estudiar. Contacto: [castro.prof@yahoo.com](mailto:castro.prof@yahoo.com)