

Bicentenario de la “Théorie analytique des probabilités” 1812-2012

Antonio Franco Rodríguez Lázaro
M^a Carmen Escribano Ródenas
Raquel Ibar Alonso
Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos
Facultad de CC. Económicas y Empresariales
Universidad CEU San Pablo
C/Julián Romea, 23
Madrid 28003
Tfno.: 0034914566300
fralaz@ceu.es; escrod@ceu.es; ribar@ceu.es

Resumen:

Una de las obras más relevantes de Pierre-Simon Marqués de Laplace (1749-1827) es la “Théorie analytique des probabilités”, que es anunciada por primera vez en el preámbulo de la “Memoria sobre las integrales definidas” que Laplace presenta en el Instituto de Francia en 1811. La obra se publica por primera vez en París en 1812 con un total de 464 páginas, divididas en dos libros. Esta obra se ampliará posteriormente dando lugar dos años después a la segunda edición publicada en 1814 con 506 páginas, que incluye a modo de introducción el “Ensayo filosófico sobre las probabilidades”, y a la tercera edición que se publica en 1820 con las mismas páginas que la segunda. En 1818 aparece un suplemento a esta obra con 34 páginas. Posteriormente a su muerte acaecida en 1827, se publican sus obras completas, donde vuelve a aparecer este texto en el séptimo volumen, con un total de 961 páginas.

En este trabajo además de conmemorar el bicentenario de esta obra, se analizan los capítulos IV “De la probabilité des erreurs des résultats moyens d’un grand nombre d’observations, et des résultats moyens les plus avantageux”, y V “Application du Calcul des Probabilités, à la recherche des phénomènes et de leurs causes” de la citada obra, como un claro antecedente del teorema central del límite, pasando de la información de tipo discreto al mundo real que es siempre continuo.

Introducción

Laplace rompe con la epistemología científica existente hasta ese momento con sus hallazgos y demostraciones. David Hume (1711-1776) al igual que su compatriota John Locke (1632-1704) pensaba que la esencia verdadera de las cosas es su constitución interna, pero los seres humanos nunca podrán conocer nada de su constitución. El avance científico demostrará más tarde que no estaban en lo cierto.

Laplace pensaba a mil revoluciones por minuto, de tal forma que era muy difícil seguir sus razonamientos cuando realizaba su labor como profesor y seguir sus demostraciones cuando ejercía como investigador. Existen narraciones de colaboradores de Laplace cuando era miembro de prestigio en la Academia, en las que reconocen las grandes dificultades que tenían para analizar sus demostraciones, sobre todo si omitía alguna parte de ella por considerar que era fácil elaborar esos pasos intermedios.

Reflexiones sobre Laplace

Laplace¹ nace en un entorno familiar² que propicia el estudio y la dedicación a los libros, pues no se detecta que tuviese apuros económicos. La Francia del siglo XVIII³ es monárquica y en ese momento desempeña el papel de gran potencia europea. Cuando contaba 7 años comienza sus estudios en el convento⁴ de los Benedictinos, que si bien estaba próximo a su casa, cada día dedicaba una hora para desplazarse a dicho centro, si a esto se le añade el rígido horario que mantenía el colegio (de 7:45 a 18:30 horas) es fácil darse cuenta de que no tenía tiempo para dedicarse al ocio propio de su edad.

Desde pequeño Laplace aprende a memorizar y manejar los símbolos matemáticos, lo que por un lado le lleva a un esfuerzo memorístico, y por otra parte a desarrollar el razonamiento lógico. Su facilidad para las Matemáticas y la falta de tiempo de juego, pudieron ser las causas que propiciaran que Laplace se convirtiera en

¹ Laplace nace el 23 de marzo de 1749 en Beaumont-en-Auge, departamento de Calvados, Normandía.

² Su padre, Pierre, se dedica al negocio de la sidra y fue síndico de Belmont en 1750 y su madre, Marie Anne Sochon, procede de una familia de granjeros y tiene una hermana, Marie Anne, cuatro años mayor que él. Los hermanos de su padre son: Louis que es beneficiado de Criqueville, Thomas François es cirujano y Marie que está casada con el médico Robert Carrey.

³ El rey de Francia es Luis XV (1715-1774).

⁴ El convento contaba con un total de 50 alumnos, 12 frailes y algunos profesores externos entre los que se encontraba su tío Louis que tuteló a Laplace hasta su muerte en 1759.

un joven introvertido de quien no se le conocen amistades fuera de su ámbito académico.

La familia de Laplace consideró que debía prepararse para ser sacerdote con la finalidad de tener la posibilidad de dedicarse a estudiar sin tener que preocuparse por sus ingresos, por lo que a los 16 años entra en el prestigioso Colegio de Artes de la Universidad de Caen para continuar la formación eclesiástica⁵ que había comenzado en el convento. Alcanzó una temprana madurez en la aplicación de las Matemáticas, aunque en otras facetas de la vida no consiguió avanzar demasiado. Las primeras publicaciones matemáticas de Laplace datan de esta etapa como estudiante de Teología. Es preciso resaltar una memoria sobre el cálculo de diferencias finitas en el boletín editado por Lagrange.

Laplace pensaba que su capacidad intelectual estaba muy por encima de la de sus compañeros de estudio y de la de sus profesores, pero seguía la ruta prefijada y se dejaba llevar por la vida que su familia le había planificado, y se conformaba con que de vez en cuando algún profesor alabara su valía excepcional en Matemáticas. Cuando dos de los profesores de la Universidad de Caen encaminan sus pasos hacia las disciplinas científicas, debido al talento demostrado en ellas, Laplace se siente aprisionado por una nueva planificación de su vida que no tiene en cuenta sus aspiraciones personales y profesionales. Esto le provoca un revulsivo personal contra los profesores que tenían un nivel intelectual inferior al suyo.

Esta ruptura con la Universidad de Caen no solo se produce a nivel académico, ya que lleva implícito un enfrentamiento con su familia y con el entorno religioso que existía en su época. Se encuentra solo ante el mundo, con la certeza de que lo único que no le ha fallado ha sido la ciencia, y en particular las Matemáticas, por lo que su defensa pasa a ser una prioridad absoluta para él. A partir de este momento intentará alcanzar las mayores cotas de profundidad científica y no admitirá jamás ningún ataque a la racionalidad. Esto explica su reacción desproporcionada cuando otros científicos desarrollan procedimientos incorrectos o teorías falsas, para él están cometiendo una ofensa al amigo que desde pequeño le había acompañado.

Laplace joven tiene ganas de arriesgar y coraje para romper reglas, piensa que la Universidad de Caen ya le ha enseñado todo aquello que él necesita saber para dedicarse

⁵ Formación que abarcaba las siguientes materias: Lenguas clásicas, filosofía, literatura, música y teología.

a investigar y rechaza su futuro como religioso ya que cree que puede vivir de las Matemáticas. Con 18 años renuncia a licenciarse en humanidades y a ser sacerdote.

Al dejar la Universidad se encuentra sin nadie que le tutele y sin unos ingresos que le permitan desarrollar su faceta investigadora. Tampoco puede volver con sus padres, ya que ha desafiado el proyecto de futuro que habían diseñado para él, por lo que acepta ser tutor particular en la casa del Marqués de Héricy.

Debido a que este trabajo le impide el desarrollo intelectual al que se ha comprometido personalmente, deja de ser tutor y regresa a sus orígenes para reconciliarse con sus padres. Intenta convencer a su familia de que ha elegido el camino correcto y es capaz de conseguir independencia económica, por ello empieza a dar clases en el colegio de Beaumont donde había sido alumno. No aguanta mucho en esta situación, ya que sigue siendo insuficiente para él y necesita codearse con científicos del más alto nivel en lugar de dar clase a niños pequeños.

Por fin, con 19 años, da el gran paso de irse a París, aunque sólo lleva consigo una carta de presentación, que su profesor Le Canu le escribe como recomendación y que D'Alembert⁶ no tiene en cuenta. Laplace se ve obligado a demostrar su valía como matemático para ser aceptado como discípulo.

Durante sus dos primeros años en París se dedica a investigar dentro del ambiente de la Academia de Ciencias, con la finalidad de actualizar sus conocimientos sobre Matemáticas, Astronomía y Mecánica. Para lograr un nivel de vida digno D'Alembert le consigue una plaza de profesor de Matemáticas en la Real Escuela Militar.

La primera memoria de Laplace "Investigaciones sobre los máximos y los mínimos de las líneas curvas" se publica el 28 de Marzo de 1770, y tiene la distinción de imprimirse en la *recopilación de eruditos externos* de la Academia. Aunque los investigadores expertos suelen ver con escepticismo los escritos de los autores jóvenes en fase de máximo ímpetu, los científicos de la época de Laplace supieron reaccionar con gran confianza ante sus posibilidades científicas⁷. Ya desde esta primera memoria se puede comprobar que Laplace se interesa más por las aportaciones científicas que por

⁶ Jean Le Rond D'Alembert el secretario perpetuo de la Academia de Ciencias de París y persona muy influyente en la corte. Junto con Denis Diderot elaboran la L'Encyclopédie entre 1751 y 1772

⁷ En el informe de una sesión de 1774 se puede leer: "Esta Sociedad que se ha apresurado a recompensar sus trabajos y sus talentos no había visto todavía a nadie tan joven que le presentara en tan poco tiempo memorias importantes, y sobre materias tan diversas y difíciles".

los autores que las realizan y no tiene cuidado en identificar a éstos a la hora de utilizar sus resultados. Borda y Condorcet le instan para que lo haga⁸.

En su afán de mejorar académica y económicamente intenta conseguir un puesto oficial⁹ en la Academia de Ciencias, ya que se considera con igual nivel de conocimientos que los que pertenecen a ella. Para lograr este objetivo, en poco más de un año, presenta un gran número¹⁰ de memorias, haciendo así que su producción científica comience a despegar. No se desanima después de fracasar en su afán de ser académico y redacta cuatro¹¹ memorias más, aunque de nuevo queda en segunda posición¹². Este segundo desengaño no es bien encajado por el carácter fuerte e intolerante de Laplace, ya que considera que no se está reconociendo su gran valía, por lo que apoyado una vez más por D'Alembert, se dirige a Lagrange¹³ para acceder a la Academia de Berlín, aunque Lagrange no se toma demasiado interés en ayudarlo.

Tras presentar su memoria número trece¹⁴ intenta lograr alguna de las dos plazas que saca a concurso la Academia, siendo otra vez rechazado en la primera¹⁵, y consiguiendo la segunda, que era de Adjunto¹⁶ de Mecánica. Ya afianzado en la institución comienza una nueva etapa de intercambio de opiniones científicas con otros miembros de la Academia, desde el estatus investigador recientemente adquirido.

El reconocimiento conseguido en la Academia, no disminuye el ritmo de su labor investigadora, de tal forma que hasta 1775 presenta una media de cuatro memorias anuales. De ellas destaca “Una memoria sobre los números” que fue su única aportación a la ciencia sin aplicación inmediata a la realidad en la que vivía.

⁸ En el año 1788 Laplace utilizará en sus trabajos los polinomios de Legendre sin mencionar su nombre.

⁹ El 15 de mayo de 1771 intenta por primera vez acceder a la plaza de adjunto de Geometría, en la Academia. Queda el segundo, y la plaza es obtenida por Vandermonde.

¹⁰ Desde Marzo de 1770 a Junio de 1771 presenta ocho memorias. La segunda “Sobre algunos usos del cálculo integral aplicado a los diferentes fines”, la tercera “Sobre la variación de la eclíptica”, la cuarta “Sobre los nodos de las órbitas planetarias”, tres más sobre el cálculo integral y la última “Sobre la órbita lunar”.

¹¹ Tres sobre cálculo integral y una sobre Astronomía.

¹² La plaza de adjunto de Geometría ahora es obtenida por Cousin.

¹³ En 1773 presenta una memoria ante la Academia en la que prueba que los movimientos planetarios son estables. Inspirándose en un famoso trabajo de Lagrange sobre la variación de los elementos orbitales (1766) demuestra que el fenómeno observado en las órbitas de los planetas Júpiter y Saturno tiene una periodicidad de 929 años.

¹⁴ “Investigación sobre la integración de las ecuaciones diferenciales en las diferencias finitas y sobre su aplicación al análisis del azar”.

¹⁵ Ahora dos escalones por encima de la primera solicitud.

¹⁶ Por delante de Monge, Legendre y Mauduit.

En 1776 se reafirma la falta de sensibilidad en las relaciones sociales y el rechazo de los desarrollos científicos erróneos, que Laplace había comenzado a manifestar desde su abandono de la Universidad de Caen. Laplace tiene un fuerte incidente con Rudjer Bosovic¹⁷ desprestigiándole mediante improperios ante los miembros de la Academia, respecto de los contenidos analíticos de su obra sobre la órbita de los cometas.

Este mismo año consigue cambiar la plaza de adjunto en Mecánica que tenía, por la de adjunto en Geometría que estaba mas valorada. Sin embargo deja de ser profesor en la Escuela Militar por el cierre de ésta.

En esta época su ritmo de publicar trabajos científicos disminuye debido a que sus responsabilidades dentro de la Academia, le obligan a leer trabajos de otros investigadores y a documentarse sobre nuevos campos en los que la ciencia esta logrando grandes descubrimientos, como son la Mecánica de fluidos y la Astronomía, ámbitos en los que él puede aplicar sus grandes conocimientos matemáticos. Empieza a pasar de una Matemática más teórica a una Matemática más aplicada, y los nuevos trabajos que lee en la Academia son sobre estos temas¹⁸.

Existen numerosos científicos de este momento¹⁹, que en sus escritos reflejan la actitud altanera y distante de Laplace, encumbrado en su posición dentro de la Academia y con un pleno dominio del lenguaje matemático, en el que era imbatible. Estas referencias a Laplace le pasan factura en la época del terror.

Laplace consigue escalar en muy poco tiempo dos categorías²⁰ en la Academia. A los 34 años²¹ consigue el puesto de asociado, y dos años después el de pensionado. Además es nombrado examinador de la Real Academia de Artillería.

¹⁷ Astrónomo jesuita (1711-1787) que publica “De orbitis cometarum determinandis”.

¹⁸ En abril de 1777, lee en la Academia su trabajo “Naturaleza del fluido que permanece en el recipiente de una máquina neumática”, y a partir de este año se publican varias memorias sobre esferoides en equilibrio y los fluidos que recubren los planetas.

¹⁹ A. J. Lexell realiza un informe dice que Laplace se considera a sí mismo el mejor matemático de Francia y que si bien era indiscutible su calidad científica en diferentes especialidades y destacaba en las sesiones de la Academia, presumía demasiado de ello. J. P. Brissot escribe en su célebre panfleto “De la verité” que Laplace es un arquetipo newtoniano y que apoltronado en su sillón desprecia con gesto arrogante los intentos experimentales y prácticos de muchos de sus colegas, ignorándoles displicentemente desde la inexpugnable posición que le aseguraba permanecer en el plano estrictamente matemático.

²⁰ La Academia de ciencias tenía cuatro categorías entre sus miembros. La mas alta era la de los honorarios, después los pensionados (especialistas de su materia que recibían de manera regular una renta económica considerable), a continuación estaban los asociados (que eran muy productivos en publicaciones) y finalmente los adjuntos que eran los científicos más jóvenes.

La posición social que le proporciona el nuevo puesto logrado en la Academia le da la posibilidad de poder contraer matrimonio con una joven²², 19 años menor que él, perteneciente a una familia influyente y de mantener una vivienda en la orilla izquierda del Sena²³. Este matrimonio hará que Laplace sufra nuevas críticas como la de Marat²⁴ en la que le acusa de haber conseguido su fortuna gracias a los ardides de su mujer.

El 14 de julio de 1789 se produce la toma de la Bastilla²⁵, inicio de la Revolución Francesa, que no interfiere en la vida académica de los científicos, ya que cuatro días después Laplace lee en la Academia un tratado sobre la inclinación de la eclíptica. En otoño del mismo año la nueva Asamblea Constituyente crea una comisión²⁶ para estudiar los cambios que permitan liberalizar las estructuras de la Academia.

Laplace y la Academia van a continuar su actividad científica e investigadora²⁷, a pesar de todos los cambios políticos y sociales que acaecen en estos momentos, tales como la huida del rey, la disolución de la Asamblea, la reposición del Rey, la creación de la nueva Asamblea legislativa (1791), el final de la monarquía y de la Asamblea. Se constituye la nueva asamblea denominada Convención, se establece la primera república (1792), el rey es condenado a muerte, empieza la guerra civil y la declaración de guerra por parte de las naciones europeas, y comienza la época del terror (1793).

La llegada de Robespierre al poder produce una desestabilización en todos los órdenes políticos, económicos y sociales, de tal forma que Laplace ve frenada su actividad científica²⁸ y tiene claro que su vida corre peligro, por lo que se ve obligado a marcharse a Melun²⁹ para pasar desapercibido. No se implica en los acontecimientos sociales y aprovecha su retiro para seguir estudiando, ya que su actividad científica pública ha sido interrumpida.

²¹ El mismo año que consigue el puesto de asociado muere su maestro D'Alembert.

²² Marie-Charlotte de Courty de Romanges, perteneciente a una familia de Besançon.

²³ Rue Christine.

²⁴ Marat en el planfletario "Le charlatans modernes" (1791), pone en duda la capacidad científica de los académicos, en particular de Lavoisier y Laplace, "cuántos deben sus fortunas a los manejos de sus castas mitades"

²⁵ Unas semanas antes Laplace, Berthollet y Legendre fueron elegidos miembros de la "Royal Society".

²⁶ Esta comisión está constituida por Laplace, Condorcet, Borda, Bossut, Tillet, ...

²⁷ Se crea una oficina de "Artes y Oficios" formada por 19 académicos, entre ellos Laplace, y 19 representantes de sociedades de inventores, que solicita a la Asamblea que no se suspenda la recogida de datos sobre nacimientos y defunciones.

²⁸ Se cierra la Academia, algunos académicos son detenidos y otros como Lavoisier es guillotinado.

²⁹ Es una ciudad situada a unos 50 kms de París.

Finalizada la época del terror Laplace no tarda en recuperar su labor docente³⁰ y su actividad científica³¹, reconocida por el Directorio. En 1796 es nombrado presidente del Instituto de Francia y escribe su “Exposición del sistema del mundo”³². Con la llegada al poder de Napoleón³³ en 1799, Laplace se ve favorecido³⁴ y comienza de nuevo su ascenso científico y social.

Napoleón le dio la cartera de interior, cargo en el que duró poco más de un mes. Hay que tener en cuenta que hasta ese momento no había ocupado ningún puesto en la Política. No obstante, el poco tiempo que ocupó dicha cartera lo dedicó a la organización de l'École Polytechnique y a la difusión del sistema métrico decimal³⁵. También se ocupó de la estabilidad de los ingenieros en las plazas de su ministerio. Posteriormente fue nombrado ministro y canciller. Cuando en 1804 Napoleón se hizo emperador, Laplace fue uno de los miembros del Senado que votó a favor de concederle dicho privilegio. Este último era, por entonces, senador y vicepresidente de la cámara.

Laplace dedicó al Emperador unas palabras en sus primeros tomos de la *Mecánica Celeste* ya que mantenía una gran amistad con él y le había concedido la Legión de Honor, le había nombrado Conde del imperio y otorgado la Orden de Reunión. Con todos esos títulos puede decirse que Laplace consiguió ser un hombre rico, por lo que se fue a vivir al lujoso Hôtel de Brancas³⁶.

Sin embargo, en 1814, cuando era evidente que el imperio iba a desaparecer, Laplace votó la inhabilitación del emperador adhiriéndose a la restauración de la monarquía, decisión que nuevamente le proporcionó más concesiones y títulos³⁷.

Pese a todo este reconocimiento social, Laplace sigue en su actividad investigadora, para lo que necesita alejarse de la actividad social, por lo que adquiere

³⁰ Desde enero de 1795 profesor de futuros docentes en l'École Normale, con un texto de 180 páginas sin figuras y casi sin fórmulas, y desde julio del mismo año, examinador de l'École Polytechnique.

³¹ En octubre de 1795 se crea el Instituto de Francia, con las competencias de las Academias, y Laplace es nombrado vicepresidente.

³² Como continuación de sus lecciones de l'École Normale

³³ Napoleón había sido alumno de Laplace en la Escuela Militar de París, y desde entonces debido a su afición por las ciencias siguió su “amistad” con su maestro.

³⁴ Laplace había votado a favor de Napoleón para su entrada en el Instituto de Francia en 1797.

³⁵ Las palabras metro, decímetro, centímetro, etc., se las debemos a él.

³⁶ Magnífico palacete del siglo XVI, construido por la familia Montpensier, también en la margen izquierda del Sena, donde recibían a la alta sociedad de París.

³⁷ Los que permanecieron leales a Napoleón como Monge tuvieron, posteriormente, consecuencias negativas.

una propiedad aristocrática en Arcueil³⁸, el mismo año que Napoleón le nombra Conde del imperio y donde crea un grupo de trabajo “la sociedad de Arcueil”, formado por investigadores reconocidos, que constituirá la referencia científica durante la siguiente década. Los miembros de este grupo, además de ser colegas en el ámbito intelectual se ayudaban mutuamente en todo lo demás.

Con 57 años Laplace se replantea si realmente ha conseguido los objetivos por los que sacrificó la relación con su familia a los 19 años (ahora tiene el triple de esta edad). La respuesta es que puede estar satisfecho de la posición científica, económica y social³⁹ alcanzada, impensable con la planificación inicial de su vida. Esto queda patente cuando en 1812 publica la *Théorie Analytique des probabilités*.

En este tratado recopila todas las memorias publicadas desde 1771 sobre la probabilidad. Con esta obra, Laplace da prestigio y reconocimiento al cálculo de probabilidades⁴⁰, al utilizar recursos matemáticos en la aplicación de las concepciones de la probabilidad en el estudio de los fenómenos aleatorios. Laplace es un matemático fundamentalmente geómetra, por este motivo, generaliza el cálculo de probabilidades del mundo discreto al caso continuo, exponiendo los principios y las aplicaciones de lo que él llama "geometría del azar".

Laplace consideraba que la Teoría de la Probabilidad era una ciencia que surge con los juegos de azar, pero poco a poco fue ganando importancia hasta convertirse en el soporte fundamental a la hora de desarrollar el conocimiento humano. De tal forma que la mayoría de las cuestiones que afectan a la vida de las personas son tan solo problemas de probabilidad.

En esta obra aparecen, entre otros, los conceptos de función generatriz, el principio de los mínimos cuadrados, la solución al problema "de la aguja" propuesto por Buffon en 1777 para obtener una aproximación del número π , y la base de lo que posteriormente se conocerá como Teorema de Bayes. El método de los mínimos cuadrados para el estudio de un número elevado de observaciones se había dado

³⁸ En 1806 compra esta casa de retiro donde las casas colindantes pertenecen a otros científicos.

³⁹ Ahora se ha trasladado a vivir al palacete del siglo XVI, de la familia Montpensier “Hôtel de Brancas”, donde reciben a la alta sociedad parisina.

⁴⁰ Laplace expresa de forma sencilla el significado del cálculo de probabilidades: "En el fondo, la teoría de probabilidades es sólo sentido común expresado con números".

empíricamente por Gauss y Legendre, pero el cuarto capítulo de la Teoría Analítica contiene una demostración formal del mismo.

A lo largo del texto quedan reflejados los conocimientos de análisis matemático de su autor. Por ejemplo, se obtienen los valores numéricos de las integrales definidas más comunes o la demostración general del teorema, enunciado por Lagrange, para el desarrollo de cualquier función implícita en una serie, mediante coeficientes diferenciales.

En 1814, Laplace publica el Ensayo filosófico sobre las probabilidades que consta de 169 páginas. Pretende que esta obra represente lo que ha significado su *Exposición del sistema del mundo* respecto a la *Mecánica celeste*. Es decir, dar a conocer los principios y aplicaciones de la geometría del azar pero sin aparato matemático alguno. Este ensayo será incorporado como introducción en la segunda edición de la Teoría analítica, publicada ese mismo año.

Es admirable que el envejecimiento físico no haya afectado a Laplace en su potencial intelectual, de tal forma que con 76 años⁴¹ publica su último libro del quinto y último volumen del tratado de *Mecánica Celeste*, su obra cumbre, donde demostró matemáticamente la estabilidad del Sistema Solar. Para ello utiliza todo su bagaje matemático, además de todos sus múltiples y variados conocimientos en el resto de las ciencias.

Laplace sigue fiel hasta la muerte⁴² a dar prioridad al descubrimiento de la verdad científica, por lo que acepta las críticas de Fresnel, Petit, y Fourier, y apoya su reconocimiento académico. A éste último le ayuda en el proceso de elección para ser Secretario Perpetuo de la Academia⁴³.

Entre los elogios recibidos por Laplace destaca el realizado por su discípulo Poisson, según el cual éste se había mostrado como un hombre de talento en la *Mecánica celeste*; con una sagacidad penetrante para descubrir las causas de los fenómenos; y fue así como encontró el fundamento de la aceleración del movimiento de la Luna y de las grandes desigualdades de Saturno y Júpiter; que figuras como Euler y Lagrange habían intentado buscar sin éxito.

⁴¹ Se va a vivir a la Rue du Bac, pues ya no necesita una mansión aristocrática. Hoy en día en el número 108 existe una placa conmemorativa.

⁴² Muere el 5 de marzo de 1827 tras una breve enfermedad.

⁴³ El rey Louis XVIII no quería concederle este puesto y Laplace urgió una treta para saliese elegido por sorteo a pesar del rey.

No cabe duda que fue en el cálculo de probabilidades donde Laplace se manifestó como un gran geómetra; por las numerosas aplicaciones que realizó y que dieron origen al cálculo de diferencias finitas parciales, a su método para la reducción de ciertas integrales, y a lo que él llamó la teoría de las funciones generatrices.

Notas sobre Laplace

La noción de que existían sucesos con distinta posibilidad de ocurrencia (astrágalo) y la presencia de otros sucesos con la misma posibilidad (dados egipcios bien equilibrados), procede de las primeras civilizaciones. Es en la época de Pascal (1623-1662) cuando surge la idea de probabilidad y se generaliza entre la población. La probabilidad contempla desde su origen dos formas de obtenerse, por un lado, es el grado de creencia garantizado por la evidencia; por el otro, es la tendencia a producir frecuencias relativas estables encontradas tanto en dispositivos que generan azar, como en las leyes estocásticas de los procesos aleatorios que se han obtenido de largas sucesiones de ensayos repetidos.

El hallazgo europeo de la probabilidad entre 1654 y 1664 se produce una vez superada la etapa en la que existía una visión teológica cristiana que dominaba toda la ciencia. En este momento, surge una aritmética que desarrolla un sistema de numeración posicional y guarismos fáciles de manejar, como son los símbolos que facilitan la suma y la multiplicación. Se desarrolla un sistema mercantil avanzado para tratar los seguros y las pensiones, y en el siglo XVIII se enuncia una teoría de la medición, principalmente en Astronomía. También se especifican diferentes conceptos de causalidad que permitieron construir una matemática de las probabilidades.

En la época de Laplace el mundo era determinista y los errores cometidos en las predicciones eran el resultado de un conocimiento insuficiente de la naturaleza. “Cuenta la leyenda que en una animada conversación con Napoleón Bonaparte -a quien siempre interesó la ciencia- , este último le formuló la siguiente pregunta:

- He escuchado con atención tu nueva teoría del equilibrio de los cuerpos celestes gracias a la que podremos predecir ahora la trayectoria de los astros. ¿Has consultado esta hipótesis con Dios?

- No me hace falta – le replicó el científico- hay cosas que ya he podido comprobar por mí mismo y no necesito a nadie más para corroborarlo. Hay otras

cosas, sin embargo, que no he tenido tiempo o ganas de demostrar. Sobre esas, habrá que seguir preguntando a Dios.»⁴⁴

Una ciencia se desarrolla como respuesta a problemas que proceden de fuera de ella o como respuesta a problemas que crea ella misma. La actitud mecanicista ante la naturaleza lleva al estudio del azar, la aleatoriedad, la probabilidad y la esperanza matemática. Esta actitud hacia la causalidad se debe al desarrollo producido a partir del determinismo mecánico de los modelos diseñados en el siglo XVII, con la finalidad de predecir qué es lo que va ocurrir. Concebir las leyes de la probabilidad ha necesitado ejemplos empíricos en los que fuera fácil visualizar las probabilidades.

Laplace cree en un sistema físicamente determinístico, por lo tanto, todo lo que ocurre en el mundo está prefijado y los sucesos no siguen ninguna ley de probabilidad. Las fracciones probabilísticas surgen de nuestro desconocimiento y de los errores que cometemos en la medición u observación de la realidad. La definición de probabilidad como la tasa de casos favorables sobre el número total de casos igualmente posibles la propuso Leibniz en 1678, basándose en que los sucesos igualmente posibles son equiprobables, por lo tanto, este método era usual a principios del siglo XVIII.

« La théorie des hasards consiste donc à réduire tous les événements qui peuvent avoir lieu relativement à un objet, dans un certain nombre de cas également possibles, c'est-à-dire tels que nous soyons également indécis sur leur existence, et à déterminer le nombre des cas favorables à l'événement dont on cherche la probabilité. Le rapport de ce nombre à celui de tous les cas possibles est la mesure de cette probabilité. »⁴⁵

La probabilidad estaba evolucionando a partir del concepto de posibilidad, porque la posibilidad es un término menos claro y preciso que la probabilidad; no es lo mismo “posible que” que “posible para”. Laplace utiliza la equiprobabilidad en dos sentidos, el primero es el de las conjeturas igualmente justificadas mediante componentes epistemológicos que las vinculan con nuestro estado de conocimiento. El segundo sentido es a través de componentes aleatorios que tienen que ver con estados físicos o con los seres humanos. Para Laplace, aunque exista una posibilidad desigual entre dos sucesos, cuando no poseamos ninguna información que nos indique el sentido de este sesgo, tendremos que considerar que uno es tan probable como el otro.

⁴⁴ Punset, E. (2010) “El viaje al poder de la mente”. Ediciones Destino. Barcelona. Págs. 77-78

⁴⁵ *Mémoire sur les approximations des formules*. Pag. 2

« Tous nos jugements sur les choses qui ne sont que vraisemblables sont fondés sur un pareil rapport : la différence des données que chaque homme a sur elles et les erreurs que l'on commet en évaluant ce rapport donnent naissance à cette foule d'opinions que l'on voit régner sur les mêmes objets ; les combinaisons en ce genre sont si délicates et les illusions si fréquentes, qu'il faut souvent une grande attention pour échapper à l'erreur. »⁴⁶

Laplace consideraba que los fenómenos, que se distribuyen de la forma que ahora conocemos como ley normal⁴⁷, son aquellos en los que intervienen muchas causas, independientes entre sí y que interactúan de forma aditiva. Los valores más cercanos al valor medio son los más probables, mientras que los valores alejados del valor medio son poco probables. Se produce una simetría en probabilidad de los valores que están por encima de la media respecto de los que están por debajo de ella.

« Jusqu'ici nous avons supposé les facilités des erreurs positives, les mêmes que celles des erreurs négatives ».⁴⁸

« A la vérité, cette expression donne l'infini pour la limite des erreurs, ce qui n'est pas admissible; mais, vu la rapidité avec laquelle ce genre d'exponentielles diminue à mesure que x augmente, on peut prendre k assez grand, pour qu'au-delà de la limite admissible des erreurs, leurs probabilités soient insensibles, et puissent être supposées nulles. ... ; cette courbe étendue depuis $u = -\infty$ jusqu'à $u = \infty$, peut être considérée comme la courbe des probabilités des erreurs u , ... »⁴⁹

« Depuis longtemps, les géomètres prennent un milieu arithmétique entre leurs observations ; et pour déterminer les éléments qu'ils veulent connaître, ils choisissent les circonstances les plus favorables pour cet objet, savoir, celles dans lesquelles les erreurs des observations altèrent le moins qu'il est possible, la valeur de ces éléments.»⁵⁰

Laplace llegó al resultado de la Ley Normal, demostrando que esta ley de probabilidad es el límite de la distribución de un gran número de variables aleatorias

⁴⁶ *Mémoire sur les approximations des formules*. Pag. 2

⁴⁷ La ley de Laplace-Gauss también se conoce con el nombre de ley de Gauss. Pero de hecho Laplace descubre esta ley en 1780 cuando Gauss (1777-1855) tiene solamente tres años. También es muy usada la denominación de Ley normal.

⁴⁸ *Théorie Analytique des probabilités*. Chapitre IV. (1812) Pág. 329.

⁴⁹ *Théorie Analytique des probabilités*. Chapitre IV. (1812) Pág. 338-339.

⁵⁰ *Théorie Analytique des probabilités*. Chapitre IV. (1812) Pág. 345-346.

con unas ciertas condiciones. Investigaciones que realizó a la vez que Gauss (este último en 1809). Hubo que esperar a Alexandre Liapounov para ver enunciado el Teorema Central del Límite, en su forma más general.

El marqués de Condorcet, que tuvo una gran influencia en su amigo Laplace, argumenta que la base de las creencias está en proporción a las probabilidades matemáticas derivadas de los casos equiprobables, pero el análisis de Condorcet es bayesiano porque niega la posibilidad de conseguir la verdadera probabilidad de que aparezca un resultado determinado en el siguiente intento. Por tanto, según Condorcet, lo único que se puede lograr es la probabilidad media.

Laplace en el libro VI llega a la conclusión de que se puede inferir una distribución probabilística de las causas a partir de los datos observados. Concibe el problema de descubrir la distribución verdadera como una cuestión física, de tal forma que al ir acumulando datos experimentales de sucesos simples su verdadera posibilidad es conocida cada vez mejor⁵¹. Laplace cree que es factible asignar una probabilidad a la posibilidad de que un suceso esté en un intervalo dado, analizando de esta forma una probabilidad subjetiva.

Laplace investigó el problema de la credibilidad de las estimaciones a partir de las observaciones realizadas y para ello utilizó la metodología bayesiana. Sus inferencias son correctas, pero Laplace carece de una notación adecuada para expresar las probabilidades condicionadas. En la página 287 de la Teoría Analítica, Laplace calcula los estimadores F_δ con la característica de que para todo número p que pertenece al intervalo $[0, 1]$, la probabilidad de que p sea obtenido mediante la expresión matemática de ese estimador $F_\delta(S_n)$, aplicado a los datos, será $1 - \delta$. La probabilidad de obtener una estimación correcta es $1 - \delta$, valor que según Laplace refleja un nivel exacto de seguridad. Esto es, Laplace encontró un estimador que, al menos, asintóticamente tiene un nivel de confianza $1 - \delta$.

¿Cuál es el papel de la observación frente a la teoría? R. Descartes (1596-1650) y H. Poincaré (1854-1912) pensaban que las estructuras lógicas y las teorías científicas abstractas eran tan precisas y estaban tan bien construidas que los datos de observación sólo eran necesarios para fijar las condiciones iniciales de las ecuaciones. Las diferencias entre los datos ideales obtenidos de la teoría mediante cálculos y los

⁵¹ En el sentido físico es más razonable hablar de posibilidad que de probabilidad.

extraídos de la observación directa se atribuían a la imprecisión de los aparatos de medida en lugar de asignárselas a la teoría “P.S. Laplace llegó a afirmar que si pudiera conocer la situación del universo en un momento dado las ecuaciones matemáticas de la física le permitirían conocer el pasado y el futuro, en clara alusión a que disponía de las leyes verdaderas del universo y que los fallos solo podrían proceder de los datos, que podrían ser imprecisos e incompletos”⁵²

Conclusiones

A través de sus investigaciones, Laplace logra dar sentido a su vida al ser capaz de comprender y demostrar matemáticamente cómo es el mundo que le rodea, desentrañando las fuerzas que le mueven para llegar a predecir lo que ocurrirá en el futuro. Entiende y es capaz de explicar la creación, qué es el mundo y cómo se comporta.

Una vez que se produce el Big ban, vamos en viaje, somos la tierra y estamos rodeados por el sol y los planetas. Laplace quiere entenderlo y demostrarlo matemáticamente. Su satisfacción está en desentrañar los mecanismos internos aunque no los entienda. ¿Qué es lo que hace que funcione y sea estable la mecánica celeste?.

Laplace se ilusiona por las matemáticas cuando es joven, estas le llevan a conseguir puestos académicos y sociales importantes. Después incorpora la astronomía, la física y la química a su labor investigadora. Muchos se preguntarán para qué sigue esforzándose si ya ha conseguido llegar a la cúspide. Laplace no es una persona común, para él el triunfo social es un medio y no un fin, ya que el objetivo principal de su vida es descubrir y demostrar la verdad.

Desde joven lo tuvo muy claro pero nunca fue entendido por sus coetáneos, ya que entonces todo lo que no se sabía explicar o demostrar se justificaba mediante el recurso a Dios. Laplace se metió en la mente de Dios y empezó a entender todo.

Realmente Laplace no fue un profesor eficaz para sus alumnos, esto le lleva a dejar la enseñanza como tutor personal y posteriormente en el colegio de niños y en las diferentes academias militares. El abandono de la profesión docente no solo era debido a la sensación de aburrimiento, sino también a que consideraba que perdía el tiempo con

⁵² Arenzana, V. (2011): “La importancia del observador en la ciencia”, revista de ACTA, nº 59. Pág. 79

esta actividad. Laplace exigía mucho a sus alumnos y sus explicaciones se seguían con dificultad por la rapidez de su exposición.

Para Laplace el análisis matemático es sólo una herramienta para resolver problemas físicos. Además de considerar suficiente que el resultado sea cierto, no se preocupa en explicar los pasos que le han llevado hasta su objetivo y, cuando lo hace, no le interesa la elegancia del proceso.

Se debe reconocer que tuvo una enorme capacidad para inventar, desarrollar y aplicar métodos de análisis matemático. Principalmente se esforzó en edificar teorías matemáticas para explicar los fenómenos de la mecánica celeste o aplicar la teoría de las probabilidades a la vida civil.

Laplace se toma la vida muy en serio, no le gusta perder el tiempo y cree que la habilidad que tiene con las matemáticas es para poder enfrentarse a desafíos importantes, de ahí que quiera utilizarla hasta su límite máximo. Puede que esta actitud haya molestado por su altanería e impertinencia a algunos de sus coetáneos⁵³, pero la humanidad progresaría más rápido y estaría en mejor situación general si pudiera contar con muchos Laplace.

Bibliografía

- ARENZANA, V. (2011): “La importancia del observador en la ciencia”, *revista de ACTA*, nº 59. Madrid.
- BASALTO SANTOS, J.; BUSTO GUERRERO, J.J.; ORTEGA IRIZO, F.J. (2002) “La solución del problema de elegir un promedio en Laplace”. AHEPE. *Historia de la probabilidad y de la estadística*. Ed. AC. Madrid. Págs. 46-66.
- BERGASA LIBERAL, J. (2003): *Laplace. El matemático de los cielos*. Ed. Nivola. Madrid.
- DE MORA, M. (1989). *Los Inicios de la Teoría de la Probabilidad*. Ed. Universidad del País Vasco. Vizcaya.
- GÓMEZ VILLEGAS, M. A. (1996): “Origen de la Teoría de la Probabilidad. Teorema de Bayes”. *La ciencia en el siglo XX. Actas del Seminario “Orotava” de Historia de la Ciencia*. Año IV. La Orotava. Canarias. Pág. 13-29.

⁵³ Siempre se ha dicho de Laplace que sus contemporáneos admiraban al científico en la misma medida que detestaban al ciudadano.

MATEOS-APARICIO MORALES, G. (2002): “Historia de la probabilidad (desde sus orígenes a Laplace) y su relación con la teoría de la decisión”. AHEPE. *Historia de la probabilidad y de la estadística*. Ed. AC. Madrid. Págs. 1-18.

PUNSET, E. (2010) “El viaje al poder de la mente”. Ediciones Destino. Barcelona.