

Ricardo Mansilla Corona*

De Galileo a Walras: el largo idilio entre las ciencias sociales y naturales

*¡Estas alas tan cortas y esas nubes tan altas!
¡Y estas alas queriendo conquistar esas nubes!*
“El anhelo inútil”, Rubén Martínez Villena, 1923.

Resumen | El auge de la interdisciplinariedad en las últimas cuatro décadas ha creado la impresión de que la misma se trata de un producto característico del pensamiento post moderno de fines del siglo veinte. Sin embargo, existen en la historia incontables ejemplos de búsquedas de interacciones creativas entre disciplinas diferentes, a veces muy diferentes. Partiendo del proyecto de Galileo y Hobbes de crear una ética basada en la geometría, este trabajo examina algunos de los casos más representativos de esfuerzos colaborativos entre diferentes ramas del conocimiento, desembocando en las contribuciones de Walras, Poincaré y otros representantes de especialidades muy dispares, que dotaron de bases matemáticas a los estudios económicos, aportando a esta disciplina una dimensión completamente nueva.

From Galileo to Walras — The Long Romance Between Social and Natural Sciences

Abstract | The rise of interdisciplinarity in the last four decades has created the impression that it is a typical product of postmodern thought in the late twentieth century. However, there are countless examples of searches for creative interactions between different disciplines, sometimes very different. Starting from the Galileo and Hobbes's project to create a geometry-based ethics, this paper examines some of the most representative cases of collaborative efforts between different branches of knowledge, until reaching Walras and Poincaré's contributions, as well as those of other representatives of disparate specialties, which provided mathematical foundations for economic studies, contributing in this way to build a whole new dimension of Economics.

Palabras clave | especialización – investigación interdisciplinaria – filosofía mecanicista – teoría de las probabilidades – econofísica

* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-UNAM.
Correo electrónico: mansy@unam.mx

Keywords | interdisciplinary research – specialization – mechanistic philosophy – probability theory – econophysics

Introducción

LA IMPRONTA de los tiempos que vivimos es la descomunal acumulación de conocimientos y datos de toda índole. Después de la larga noche de la Edad Media, nuestra civilización entró a la primavera del Renacimiento ávida de entender al mundo en cuyo centro estaba de nuevo el ser humano. Sus paladines fueron hombres de pensamiento universal, con amplios intereses, que iban desde la

Llegamos al siglo XXI con dos características poco deseables en nuestro panorama intelectual: una especialización feroz y una avalancha prácticamente inmanejable de datos de todo tipo

indagación sobre las propiedades de la Naturaleza a la creación artística y literaria. Usando un término muy en boga actualmente, pensadores y creadores interdisciplinarios. De los estertores del sistema feudal surgen de nuevo muchos incentivos para la obtención de conocimientos en las áreas de las ciencias naturales.¹ Los turbulentos procesos sociales y económicos que a lo largo de más de cuatro siglos se han producido en los principales y más activos centros de nuestra civilización incentivaron a los

estudiosos de las áreas de las ciencias sociales. Así, llegamos al siglo XXI con dos características poco deseables en nuestro panorama intelectual: una especialización feroz y una avalancha prácticamente inmanejable de datos de todo tipo.

La especialización era sin duda inevitable. Detrás de cada nuevo fármaco hay miles de horas de trabajo de investigadores muy especializados en las propiedades de ciertas dolencias y/o de moléculas muy particulares. Los actuales teléfonos móviles, por ejemplo son la obra conjunta de muchos especialistas en áreas muy diferentes. La mayoría de los logros de nuestra civilización provienen del trabajo muy especializado de seres humanos y máquinas. Son lauros indiscutibles del método reduccionista.

Tal estado de cosas produce situaciones insólitas. Un biólogo especialista en dinámica de poblaciones puede no entender el trabajo de un colega biólogo molecular. Un matemático especialista en Teoría de Grupos puede no entender el trabajo de un alguien dedicado a las Ecuaciones en Derivadas Parciales. Un

¹ El físico E. Schrödinger dijo en una ocasión que la Termodinámica le debía más a la máquina de vapor que lo que esta última le debía a la Termodinámica. (Ball 2004, 37).

físico teórico puede no entender qué hace su colega especialista en Electrónica. Un analista de los mercados financieros puede no saber nada del mercado de trabajo. Un sociólogo puede no entender el trabajo de un psicólogo social. Este desgarramiento tiene consecuencias más allá del ámbito laboral, pues eventualmente puede distorsionar la percepción precisa del entorno socioeconómico donde estas personas viven. La transmisión de conocimientos que estos especialistas generan puede sesgarse en dependencia de los paradigmas que abracen.

Una de las virtudes del estilo de investigación interdisciplinaria es su capacidad de sanar el desgarrado tejido del conocimiento generado por la Humanidad. Es el contrapeso adecuado a la especialización. Es la contraposición necesaria al reduccionismo. Pero más aún, es la herramienta *sine qua non* para extraer nuevos conocimientos de la enorme masa de datos que nuestra civilización genera en la actualidad y que gracias a las modernas computadoras digitales y a las redes formadas por ellas podemos navegarla hoy con gran soltura.

Si bien las rupturas entre las diferentes áreas del conocimiento han sido en ocasiones abismales y tal es el caso entre las Ciencias Naturales y Sociales, el intercambio de ideas y metáforas metodológicas se ha mantenido en ambos sentidos a lo largo del tiempo. En este trabajo pretendemos ilustrar ese idilio intelectual entre los cultivadores de estas áreas del conocimiento humano, desde los albores del Renacimiento hasta nuestros días.

El Leviatán se va a Florencia

La primera mitad del siglo XVII fue una época convulsa para Inglaterra. El reinado de Carlos I se caracterizó por largos y sangrientos conflictos, de origen supuestamente religioso de los cuales no salió bien parado. Su intento de ayudar a las fuerzas protestantes durante la Guerra de los Treinta Años fue un rotundo fracaso. Por otra parte, su matrimonio con una princesa católica mermó la poca confianza que el Parlamento le guardaba, presionándolo a entregar parte del poder que detentaba y que él creía pertenecerle por mandato divino. Su negativa a negociar terminó en su decapitación en la mañana del 30 de enero de 1649.²

Con este telón de fondo se desarrolló buena parte de la vida de Thomas Hobbes, uno de los fundadores de la filosofía política y uno de los científicos sociales más influyentes de todos los tiempos.

² Existe una excelente novela titulada *Temporada de Ángeles*, del escritor cubano Lisandro Otero sobre este período histórico. Además de ser una profunda meditación acerca de la esencia del poder político y una muy inteligente alegoría del proceso revolucionario, plebiscitario de fantasmas orwellianos, donde desarrolló su vida el autor, esta novela describe la Guerra Civil Inglesa con un profundo dramatismo y precisión.

Fue sin duda un niño prodigio. A la edad de 14 había traducido del griego al latín la obra de Eurípides *Medea*, ganando la admisión al prestigioso Magdalen College de Oxford. Si bien su padre lo abandonó a los 16 años su educación no sufrió ningún contratiempo pues su tío Francis, por aquel entonces concejal de Malmesbury lo apoyó generosamente.³ Una vez graduado de la universidad, trabajó para el Conde de Devonshire como tutor de su hijo. Vale aclarar que su alumno era solo tres años más joven que él. Desde 1609 hasta la muerte de Sir Francis Bacon, ocurrida en 1626, fue su secretario personal.

Supuestamente fue un hecho fortuito el que dio un giro drástico a su vida. Su biógrafo J. Aubrey nos brinda la historia. A mediados de 1629 Thomas Hobbes entró a una librería en la ciudad de París⁴ donde encontró un ejemplar de *Los Elementos* de Euclides. Hobbes quedó profundamente impresionado por el *razonamiento deductivo* a partir del cual se obtenían los resultados en esta obra de geometría.⁵ Como es conocido, *Los Elementos* es un canon del pensamiento axiomático, una obra a la que se le ha podido agregar muy poco en los últimos 2000 años. Hobbes quedó enamorado de la Geometría.⁶ Le pareció el fundamento idóneo para fundar una teoría del gobierno de la sociedad. En esto, no se puede perder de vista el contexto social donde se desarrolla su empeño. El 10 de marzo de 1629 Carlos I había disuelto el Parlamento en represalia por la intransigencia de este en avalar cierto tipo de impuestos.⁷ Durante los once años siguientes ejerció el poder de manera unipersonal. En esta sociedad turbulenta, la precisión y la certeza de la axiomática de Euclides le parecieron a Hobbes el marco adecuado para fundar una teoría de la sociedad.

La idea del movimiento está presente en varios niveles de la obra de Hobbes siempre como una metáfora del movimiento mecánico. Las analogías hombre máquina eran ideas bastante aceptadas en su época. De igual forma que algunos científicos actuales consideran al cerebro humano como una versión sofisticada

3 De acuerdo a toda evidencia el padre de Hobbes era “un vicario mal educado e irascible, un borracho que abandonó a su familia dejándolos sin sustento”. (Ball 2004, 14) y (Aubrey 2000, 413).

4 William Cavendish, Conde de Devonshire murió de peste bubónica en junio de 1628. Su viuda decidió prescindir de los servicios de Hobbes el cual se fue a trabajar a París como tutor del hijo del entonces exiliado Sir Gervase Clifton hasta 1631.

5 (Aubrey 2000, 427-428).

6 A tal punto que se esforzó por resolver problemas con un elevado grado de complejidad. En algún momento creyó haber resuelto el famoso problema de la cuadratura del círculo, el cual como se sabe no tiene solución.

7 Se trataba de un impuesto establecido por Eduardo II sobre los vinos importados de España y Portugal y sobre las exportaciones e importaciones de mercancías. El impuesto se le concedía a los reyes de por vida, pero el parlamento quiso obligar a Carlos I a una negociación anual. Ver por ejemplo (Kenyon 1978, 105-106).

de nuestro más avanzado artefacto cultural, los autómatas en aquella época eran versiones simplificadas de los seres humanos. Las máquinas calculadoras mecánicas, de las cuales J. Napier y B. Pascal construyeron ejemplos notables, eran entendidas como simuladores de la inteligencia humana.⁸ Los autómatas que replicaban a los seres vivos eran muy comunes y se exhibían con frecuencia en ferias y circos. Esta asociación de las actividades humanas con los autómatas solía ser castigada: la Inquisición Española encarceló a algunos constructores de los mismos basado en la suposición que tenían pactos con el diablo en la recreación de seres humanos.

Se le hizo imprescindible a Hobbes exponer sus puntos de vista a quién más profundamente había hurgado en los secretos del movimiento mecánico. Así, a mediados del año 1636 Thomas Hobbes viajó a Florencia a encontrarse con Galileo Galilei en su residencia forzada de Arcetri. No existen documentos que acrediten cuáles fueron los temas tratados durante las conversaciones entre Galileo y Hobbes, pero el matemático alemán A. G. Kästner publicó en 1800 la obra *Historia de la Matemática*,⁹ en la cual se expresa que “J. A. de Soria (1707-1769), profesor de la Universidad de Pisa, afirmaba que por tradición oral se sabía que

Una de las virtudes del estilo de investigación interdisciplinaria es su capacidad de sanar el desgarrado tejido del conocimiento generado por la humanidad

durante un paseo por las cercanías del palacio del Gran Duque en Poggio Reale, Galileo había dado a Hobbes la idea de que la geometría aplicada a la Ética podría conferirle a ésta la seguridad de las Matemáticas”.

Las ideas de la filosofía mecanicista tuvieron una gran influencia en Hobbes, el cual tuvo durante su exilio en Francia una fuerte exposición a esta corriente de ideas de la mano de los más notables exponentes de la misma en ese país. Vislumbró una sociedad de autómatas a la cual debía de proveerla de unas reglas de comportamiento para sus miembros. Así en su obra de 1624 *De Cive*, Hobbes nos regala un tratado de Ética, racional, metódico, destinado a determinar los derechos de los Estados y los deberes de los súbditos. La deconstrucción reduccionista en busca de los primeros principios del comportamiento, similar a la sugerida por la mecánica de Galileo, lo guía en el hallazgo de las reglas de

⁸ En el capítulo V (*De la Razón y de la Ciencia*) del *Leviatán*, Hobbes afirma que: “Cuando un hombre razona, no hace otra cosa sino concebir una suma total, por adición de las partes; o concebir un residuo, por sustracción de una suma respecto a otra”.

⁹ El último de los cuatro volúmenes de *Historia de la Matemática* fue publicado en Göttingen en el año 1800 unos meses después de la muerte de Kästner.

comportamiento de sus agentes sociales: "Cualquier cosa es mejor comprendida por sus partes constitutivas. Como en un reloj o cualquier otro pequeño mecanismo, la materia, figura y movimiento de las ruedas no puede ser bien conocido excepto si se toman y observan aparte".¹⁰

Como hemos dicho, durante su estancia en Francia Hobbes se relacionó con los filósofos mecanicistas de ese país, en particular con el matemático M. Mersenne y el astrónomo y matemático P. Gassendi, ambos colegas de R. Descartes.¹¹ Este fue sin duda un ambiente ideal para llevar a cabo su trabajo. El *Leviatán* fue presentado en 1651 con la presencia del destronado Carlos II, al cual Hobbes le había enseñado algún tiempo atrás Matemáticas. El *Leviatán* presenta el elaborado diseño de una sociedad de autómatas movidos por la búsqueda de poder. Esta urgencia de sus miembros solo puede ser controlada por un contrato social tácitamente admitido por todos los participantes. Sin embargo, en uno de los postulados que Hobbes supone deben cumplir los mismos se establece que la cooperación es necesaria entre ellos. No pasa por alto, sin embargo, la contradicción dialéctica entre búsqueda del poder y cooperación, al admitir que los deseos de poder de los hombres pueden llevarlos a quebrantar este contrato social y sacar ventaja de su traición.¹² Con esto, se adelanta casi tres siglos al moderno planteamiento del Dilema del Prisionero, modelo paradigmático de la interacción entre cooperación y traición en las Ciencias Sociales contemporáneas.¹³

Con esta obra Hobbes lleva a sus últimas consecuencias la dicotomía entre *cuero natural* y *cuero político* de su maestro Francis Bacon. Como hemos dicho en el intento de crear una teoría política sobre bases científicas, Hobbes eligió la Mecánica de Galileo como su marco de referencia. No obstante, una mirada a vuelo de ave sobre las páginas del *Leviatán* nos bastará para convencernos de que allí no encontraremos una sola ecuación. Hobbes gustaba obviamente de las analogías físicas, pero no tenía intenciones de convertir a las Ciencias Políticas en Matemáticas. Sin embargo, uno de sus discípulos, William Petty, se decidió a encarar este reto con su obra *Aritmética Política*.

10 (Hobbes 1651, 10-11). La versión inglesa de *De Cive* apareció con el nombre *Philosophical Rudiments concerning Government and Society*. La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

11 La relación de Th. Hobbes y R. Descartes fue algo álgida. Hobbes escribió varios documentos críticos de las *Meditaciones* de Descartes, que generaron mucha irritación en este último. En una carta del 4 de marzo de 1641 Descartes le informa a Mersenne: "...lo mejor es que yo no lo conozca...este Sr. parece estar aprovechándose de mi fama". Mori 2012, 197-212), y referencias allí encontradas.

12 (Poundstone 1992, 124 y 227). (Ball 2004, 25).

13 (Axelrod 1984).

La recolección de datos sociales tiene una larga historia. De acuerdo con Herodoto, casi 3000 años antes de Cristo en Egipto se recopilaban de manera minuciosa datos acerca de la población y la riqueza del imperio.¹⁴ Sin embargo por la erudición de su trabajo *Observations upon the Bills of Mortality*¹⁵ es John Graunt considerado una de los padres de la demografía. Sastre de profesión, llegó a ser miembro de la Royal Society por sugerencia de Carlos II.¹⁶

William Petty revisó el trabajo de Graunt después de la muerte de este último. Petty fue sin duda el primero en adentrarse al estudio de la economía política desde la perspectiva de las estadísticas sociales. Estudió el problema de la demanda de dinero y la velocidad de su circulación en una economía, el pleno empleo y la división del trabajo, todo lo cual lo pone con toda justicia entre los fundadores del pensamiento económico actual. Una copia de su libro *Aritmética Política* fue entregada a Guillermo III en 1690 por el Conde de Shelburne, hijo de William Petty.¹⁷ Entre sus muchos seguidores estaba Sir E. Halley el astrónomo real quien en 1693 publicó su *An Estimate of the Degrees of the Mortality of Mankind*,¹⁸ sin duda alguna un trabajo precursor en los estudios sobre seguros de vida.

Estos estudios cuantitativos de fenómenos sociales necesitaban un nombre. Así, en 1749 G. Achenwall sugirió que puesto que los mismos trataban sobre los estados de la sociedad se les debería llamar Estadísticas. El término fue posteriormente usado por J. Sinclair en su monumental obra de 1791 *Statistical Account of Scotland*.

Así, una de las provincias más conocidas y aplicadas de la Teoría de las Probabilidades en la actualidad nació independiente a finales del siglo XVII. Su integración como se sabe se hizo más adelante de la mano de gigantes de la talla de P. S. Laplace y K. F. Gauss.

Lo que no es tan conocido es el papel relevante que jugaron estos estudios

¹⁴ La Biblia hace referencia, en el libro de los Números, de los datos estadísticos obtenidos en dos recuentos de la población hebrea.

¹⁵ El título completo de esta obra es *Natural and Political Observations mentioned in the following Index and made upon the Bills of Mortality*. Se publicó en el año 1662.

¹⁶ A los miembros de la Royal Society (incluido I. Newton) no les gustaba que un "camisero" formara parte de su sociedad. A petición expresa de Carlos II el mismo fue incluido. En (Boorstin, 1985) se cita en la página 668 al propio Carlos II refiriéndose a Graunt: "...si Uds. encuentran a otro hombre de negocios como este, admítanlo sin más preámbulos". La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

¹⁷ William Petty falleció en Londres el 16 de diciembre 1687. Su libro fue publicado de manera postuma.

¹⁸ El título completo *An Estimate of the Degrees of the Mortality of Mankind, Drawn from Curious Tables of the Births and Funerals at the City of Breslaw; With an Attempt to Ascertain the Price of Annuities upon Lives*, publicado en las *Phylosophical Transactions* de la Royal Society en 1693.

sociales de carácter cuantitativo en la fundación de una rama de la Física que se gestaba por aquel entonces.

Los números sociales se van a los gases

La naturaleza atómica de la materia fue postulada por primera vez alrededor del año 440 A.C. por el filósofo griego Leucipo. Más adelante Demócrito, su alumno más destacado, obtuvo consecuencias muy notables para su época de esta hipótesis atomística. Galileo, Bacon, Gassendi, Newton y Bernoulli entre otros creyeron en la existencia de los átomos. Estos pensadores vislumbraron el micro mundo como un universo de partículas en movimiento, lo cual hacía a la Mecánica la herramienta más adecuada para su estudio. En particular D. Bernoulli propuso en 1738 que los gases eran grandes conglomerados de partículas que interactuaban entre sí por medio de incesantes colisiones. La presión que ejerce un gas sobre las paredes de un recipiente era según Bernoulli consecuencia de los impactos de las partículas sobre la superficie del recipiente. De hecho esta es la explicación correcta.

Sin embargo, las dificultades de utilizar la mecánica newtoniana para estudiar conjuntos de partículas como los que forman los gases, configuraban un reto que no solo excedía las capacidades de cómputo accesibles en la época, sino también las que tenemos en la actualidad. Deben resolverse sistemas de ecuaciones diferenciales en los que el número de ecuaciones es del orden de 10^{23} . Aun el intelecto prodigioso que imaginaba Laplace¹⁹ fracasaría en el intento de utilizar las ecuaciones de Newton para estudiar un gas, pues esos sistemas de ecuaciones tienen la propiedad de dependencia sensitiva con respecto a las condiciones iniciales.²⁰ Por tanto, como se necesitan de las posiciones y velocidades inicia-

19 P. S. Laplace había publicado en 1812 su *Teoría analítica de las probabilidades*, tratado sumamente técnico e inaccesible para la mayoría. Por tal motivo y a sugerencia de varios amigos publicó dos años más tarde su *Ensayo filosófico sobre la probabilidad*. En esta obra aparece la famosa frase que refleja su posición favorable al determinismo causal a la cual se hace referencia en el texto de este artículo: "Se podría concebir un intelecto que en cualquier momento dado conociera todas las fuerzas que animan la naturaleza y las posiciones de los seres que la componen; si este intelecto fuera lo suficientemente vasto como para someter los datos a análisis, podría condensar en una simple fórmula el movimiento de los grandes cuerpos del universo y del átomo más ligero; para tal intelecto nada podría ser incierto y el futuro así como el pasado estarían frente sus ojos". Como puede verse, la Mecánica de Newton habían calado profundamente en el subconsciente colectivo de la época. Sin embargo, no fue Laplace el primero en proponer tal idea. En 1763 R. Boscovich había hecho afirmaciones similares a las de Laplace acerca de la capacidad de predicción de un intelecto muy poderoso. De hecho su afirmación es muy similar a la frase de Laplace antes referida. Ver por ejemplo, (Boscovich 1966, 141).

20 En la literatura reciente a los sistemas de ecuaciones con esas características de

les de las partículas para el cálculo de las soluciones de esos sistemas, y estos datos deben calcularse de manera experimental y en consecuencia con un margen inevitable de error, la capacidad de predicción de tales modelos es exigua.

Este enorme reto enfrentó J. C. Maxwell cuando intentaba establecer los cimientos de la Teoría Cinética de los Gases. Maxwell es mejor conocido por sus trabajos en la Teoría Electromagnética, pero es también uno de los padres fundadores junto a L. Boltzmann y J. Gibbs de la Mecánica Estadística y la Termodinámica.

Maxwell había enfrentado con anterioridad un problema que involucraba muchos cuerpos. En 1857 ofreció una demostración matemática de que los anillos de Saturno estaban formados en realidad por numerosas masas pequeñas que mantenían órbitas independientes. Por este trabajo recibió el Premio Adams que ofrecía la Universidad de Cambridge.²¹ Sin embargo desde el punto de vista técnico la obtención de las leyes que siguen los gases partiendo de “primeros principios”, esto es, con el uso de las leyes de Newton,²² era una tarea extraordinariamente más compleja. Como veremos, la solución que encontró le debía mucho a las estadísticas sociales desarrolladas décadas antes.

Poco tiempo después de que los primeros trabajos cuantitativos poblacionales vieran la luz, la comunidad científica advirtió que esos datos numéricos no solo brindaban información sobre hechos ocurridos, sino también sobre la *probabilidad* de que tales hechos fueran observados en la realidad. Así, algunos matemáticos con el bagaje adecuado en la teoría de las probabilidades comenzaron a acercarse a estas investigaciones sociales buscando nuevas áreas fértiles de investigación.

La teoría de las probabilidades es una rama de las Matemáticas cuyos orígenes no están relacionados con ningún proyecto loable, sino más bien con sórdidos empeños: los juegos de azar. G. Cardano notable matemático, médico y empedernido jugador italiano culminó en 1525 una obra titulada *Liber de Ludo Alae*,²³ donde aparece el primer tratamiento sistemático del concepto de probabilidad. Fue la primera persona que propuso definir la probabilidad de un evento como un cociente.²⁴

sensibilidad con respecto a las condiciones iniciales se les llama *sistemas dinámicos caóticos*.
 21 En el pequeño libro (Altshuler 1979), con prólogo de H. Pérez Rojas donde se describe la vida y obra de J. C. Maxwell de manera muy amena y precisa.

22 En tiempos de Maxwell, a la Mecánica de Newton se le llamaba *el método histórico*.

23 Cardano cuenta en su autobiografía que terminó de escribir su libro en 1525 y lo reescribió en 1565. Fue publicado de manera póstuma en 1663.

24 Cardano no usó la palabra *probabilidad*. En su lugar utilizó siempre *oportunidad*. La palabra probabilidad proviene de las palabras latinas *probare* (demostrar) e *ilis* (ser posible), es decir ser posible de demostrar.

Más adelante en pleno siglo XVII, A. Gombaud, también conocido como Caballero de la Méré, le planteó a algunos de los mejores matemáticos franceses de la época varios problemas que fueron esenciales en la formulación de lo que hoy conocemos como la definición clásica de probabilidades. Gombaud, que era un impenitente jugador se unió al círculo de M. Mersenne donde se discutían temas de toda índole, en particular aplicaciones de las matemáticas. Allí planteó por primera vez el llamado *problema de los puntos*, que consistía en la correcta distribución de las apuestas en un juego no completado. Mersenne le sugirió ponerse en contacto con B. Pascal.²⁵ Fue idea de este último solicitar la atención de P. Fermat sobre el problema propuesto. A partir de esto se desarrolla entre ambos una relación epistolar de gran importancia para los cimientos de esta rama de la Matemáticas.²⁶ Un día importante para la teoría de las probabilidades es el 29 de julio de 1654, fecha en la que Pascal envía su primera carta a Fermat en relación al problema propuesto por A. Gombaud. Es un hecho notable que Pascal y Fermat jamás coincidieron físicamente. En 1660, Fermat intentó arreglar un encuentro, sabiendo que su amigo estaría en Clermont, no lejos de Toulouse ciudad de residencia del primero. Pascal le contestó de inmediato, explicándole que su salud estaba muy delicada. El encuentro nunca se efectuó y Pascal murió dos años más tarde.²⁷

Sin duda la contribución más importante a la formalización de las ideas dentro de la teoría de las probabilidades la hizo casi por azar P. S. Laplace. Hijo del alcalde del pequeño pueblo normando de Beaumont-en-Auge, nació el 23 de marzo de 1749 en esa localidad. Su padre le envió a recibir su educación elemental y media a una escuela regida por monjes benedictinos, con la intención de que su hijo se dedicara a clérigo. Posteriormente ingresó a la Universidad de Caen donde había un prestigioso programa de formación teológica.

Sin embargo en Caen también habían buenos profesores de Matemáticas, con los cuales Laplace se introdujo al cálculo de Newton.²⁸ Al terminar la universidad, Laplace era ya todo un virtuoso de las matemáticas y para el horror de su padre un escéptico en religión.

25 En 1644 el padre de B. Pascal, Étienne sufrió un accidente que le dañó una cadera. Quedó al cuidado de dos jóvenes pertenecientes a una secta religiosa jansenista, los cuales influyeron en Blas a tal punto de inducirlo a renunciar a su trabajo matemático por considerarlo una "distracción profana". Su médico le aconsejó alejarse de la asceta vida de los jansenistas pues le estaba dañando su salud. Pascal regresó a su vida normal, entre cuyas distracciones estaba asistir a casas de juego, en una de las cuales conoció a Gombaud por intermedio de Mersenne.

26 (Devlin 2008).

27 B. Pascal muere el 19 de agosto de 1662 como consecuencia de un cáncer de estómago.

28 En realidad en aquella época en Francia era la versión de Leibnitz del cálculo, menos geométrica y más algebraica, la que era enseñada comúnmente en las universidades.

En 1769 Laplace deja Caen en dirección a París, con una carta de recomendación para J. Le Rond d'Alembert, el matemático francés más notable de la época. Este último reconoció de inmediato el talento de Laplace, ofreciéndole un trabajo como profesor en la recién creada Escuela Militar Real.²⁹

D'Alembert aconsejó a Laplace dedicarse a la Astronomía, con mucho la más respetada de las ciencias cuantitativas de la época. Él tenía en mente un verdadero reto, a la altura de su nuevo discípulo: la Mecánica de Newton ofrecía una descripción del movimiento de los cuerpos celestes que solo podía ser aceptada si se verificaba en la práctica. La existencia de las mareas, la interacción de la Tierra con los cometas y la Luna eran otros asuntos a esclarecer. Sin embargo la astronomía observacional estaba inundada de datos, algunos de ellos inciertos o inadecuados.³⁰ Discriminar en esta enorme masa de datos cuáles tenían la calidad suficiente para ser utilizados fue el primer reto que enfrentó Laplace. Comprendió de inmediato que los métodos tradicionalmente usados no eran suficientes para la tarea que enfrentaba.³¹

Así, una tarde de 1773, hurgando entre los anaqueles de la biblioteca de la Escuela Militar Real, Laplace encontró un ejemplar de la obra *La Doctrina del Azar* de A. de Moivre. Este libro, publicado por primera vez en 1718 estaba dedicado a las probabilidades en los juegos de azar, pero con un nivel y rigor matemático nunca antes alcanzado.³²

Laplace comprendió de inmediato la posibilidad de utilizar estos resultados

²⁹ El escepticismo religioso de Laplace concordaba muy bien con las posiciones ideológicas de d'Alembert. Este último era uno de los líderes de la Ilustración, editor jefe de la Enciclopedia que aún en ciernes, acumulaba ya un enorme caudal de conocimiento científico, lejos del dogma religioso. La oferta de trabajo que le hizo a Laplace era muy generosa: la Escuela Militar quedaba cerca de Les Invalides en París y le ofrecía casa y comida además de un buen salario. Un dato curioso es que Laplace tuvo allí como alumno a Napoleón Bonaparte, con el cual tendría más adelante una sinuosa relación personal.

³⁰ Uno de los problemas más álgidos de aquella época era la estabilidad del sistema solar. Los astrónomos de entonces tenían evidencias que sugerían que el sistema solar podía colapsarse sobre el Sol. Entre estas estaba el hecho de que Saturno se estaba desacelerando en su órbita. Para atacar este problema Laplace utilizó ciertas observaciones hechas por astrónomos chinos en el año 1100 D.C., de astrónomos griegos en 200 A.C., árabes en 1000 D.C. El problema de la estabilidad del sistema solar quedó completamente zanjado a mediados del siglo XX con los trabajos de A. N. Kolmogorov, V. I. Arnold y J. Mosser. Tranquilos, es estable.

³¹ Los astrónomos observacionales en aquellos tiempos tenían por costumbre promediar las tres mejores observaciones de un fenómeno dado. La teoría matemática de los errores de medición estaba en su infancia. Ver por ejemplo, (McGrayne 2011, 18).

³² De Moivre fue el primero en encontrar la famosa fórmula de aproximación de los factoriales $n! = Cn^n e^{-n}$ comúnmente conocida como fórmula de Stirling. Este resultado es una pieza clave en la demostración del Teorema Local del Límite de Moivre-Laplace. Aparentemente, la única contribución de Stirling es haberse dado cuenta de que $C = \sqrt{2\pi}$.

en el estudio de los errores de observación astronómica. Finalmente en 1812 publicó su famosa obra *Teoría Analítica de las Probabilidades*. Desarrolló además lo que hoy se conoce como Estadística Bayesiana de manera independiente de su precursor.³³

Uno de los discípulos de Laplace fue el belga A. Quetelet. Nacido en la ciudad de Gante en 1796 hizo sus estudios primarios y secundarios en la misma con resultados sobresalientes. Más adelante concluyó un doctorado en Matemáticas en la Universidad de su ciudad natal y fue enviado a París a recibir con Laplace entrenamiento astronómico. Allí tuvo su primera exposición a las ideas de la teoría de las probabilidades, de las cuales Laplace era en aquella época la referencia obligada. Quetelet quedó fascinado con la distribución normal y pensó que era el instrumento perfecto para describir el buen comportamiento social.³⁴ A su regreso de esta estancia de trabajo en 1828, se convirtió en el fundador y primer director del Observatorio Real de Bruselas. La influencia que el trabajo de Laplace en la teoría de las probabilidades ejerció sobre Quetelet convirtió a este último en un importante heredero de la línea de pensamiento iniciada por Th. Hobbes y W. Petty. Publicó trabajos muy influyentes en demografía, criminología, sociología e historia de las ciencias. Sin duda su trabajo más conocido es *Sobre el hombre y el desarrollo de sus facultades o Ensayo de Física Social* que se publicó en 1835.³⁵

Las ideas de Quetelet entraron a Gran Bretaña de la mano del historiador H. Buckle. Como se sabe es el autor de la monumental e inconclusa obra *Historia de la Civilización en Inglaterra*. Buckle era un ferviente adepto del positivismo filosófico de A. Comte y de los puntos de vista de A. Smith sobre el *laissez faire* en economía. Por tal motivo creía que la *Física Social* de Quetelet basada en leyes similares a las leyes naturales eran los principios adecuados para limitar la influencia de los gobiernos sobre los ciudadanos. La *Historia de la Civilización en Inglaterra* es entre otras cosas un minucioso compendio de estadísticas sociales: tasas de

33 (McGrayne 2011, 13-34).

34 Quetelet creía que el comportamiento adecuado de los seres humanos debería de estar alrededor de una media y que tener comportamientos en las "colas" de la distribución era algo patológico.

35 Las influencias de este trabajo de Quetelet son muy eclécticas. F. Nightingale consideraba que la *Física Social* era una manifestación del diseño divino y se esforzó en que fuera incluida su lectura en la Universidad de Oxford. K. Marx utilizó este trabajo en el desarrollo de su teoría del valor. Sin duda J. Stuart Mill tenía en mente también la obra de Quetelet cuando escribió en su *System of Logic*: "...muchos eventos que por su propia naturaleza nos parecen caprichosos e inciertos y que de manera individual no producen ningún nuevo conocimiento, cuando son considerados en gran número, brindan un grado de regularidad casi matemático". (Stuart Mill 1973, 932). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

nacimiento y mortalidad, suicidios, matrimonios, tasas de criminalidad por ciudades, etc. Su influencia sobre distintos sectores de la sociedad inglesa fue profunda contribuyendo a sentar las bases del moderno pensamiento liberal.³⁶

J. C. Maxwell leyó con avidez la obra de Buckle en la misma época en que trabajaba en la Teoría Cinética de los Gases. En 1861 en una carta a su amigo L. Campbell comenta: "...en una noche me leí 160 páginas de la Historia de la Civilización de Buckle, un libro presuntuoso...pero pleno de material original, resultado de un fértil estudio y no de meras especulaciones".³⁷

A través de un largo proceso comprendió que los métodos estadísticos usados en estos trabajos sociales podían ser utilizados para comprender las propiedades de las enormes masas de partículas con las cuales él se enfrentaba en sus estudios sobre los gases:

La más pequeña porción de materia que sometemos a experimento consiste de millones de moléculas, a ninguna de las cuales podemos acceder individualmente...por tanto, estamos obligados a abandonar el método histórico estricto³⁸ y adoptar métodos estadísticos para tratar con estos grandes grupos de moléculas...En el estudio de las relaciones entre algunas magnitudes, nos encontramos con un nuevo tipo de regularidad, la regularidad de los promedios, la cual es suficiente para todos los propósitos prácticos.³⁹

Esto era sin dudas un salto muy audaz. Abandonar la mecánica de Newton como método de investigación de partículas en movimiento no tenía precedente. Sin embargo las figuras de Laplace y Buckle y el éxito obtenido por estos últimos en sus investigaciones sociales le brindaban la suficiente confianza como para seguir adelante. En una conferencia presentada el 11 de febrero de 1873,⁴⁰ Maxwell comenta:

³⁶ Por solo citar algunos ejemplos: N. Senior, Ch. Dickens, R. W. Emerson, B. Disraeli hicieron mención en sus trabajos (de manera favorable o contraria) a la obra de Buckle. Tal vez la cita más pintoresca sea la que nos brindó Disraeli: "existen mentiras, mentiras malditas y estadísticas".

³⁷ (Ball 2004, 66). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

³⁸ La Mecánica de Newton.

³⁹ (Maxwell 1890, 374). El autor agradece a H. Pérez Rojas el acceso al acervo bibliotecario del ICIMAF de la Academia de Ciencias de Cuba. La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

⁴⁰ Después de su regreso a Cambridge en 1871 algunos de los llamados "Apóstoles" revivieron el hábito de reunirse para la discusión de temas especulativos. Tres de las contribuciones de Maxwell a ese círculo se conservan y una de ellas, con fecha 11 de febrero de 1873 es citada en el texto principal de este trabajo. Su traducción es responsabilidad del autor de este artículo. (Campbell, Garnett 1882, 210-211). La cita que aparece en (Ball 2004, 68) es incorrecta.

“El método estadístico de investigar cuestiones sociales tiene a Laplace como su mejor científico y a Buckle como su más popular expositor. Las personas son agrupadas de acuerdo a alguna característica... Este es el material básico del cual los estadísticos deducen los teoremas generales de la sociología... Ahora, si la teoría molecular de la constitución de los cuerpos es verdad, todo nuestro conocimiento de la materia es de tipo estadístico también... En consecuencia aquellas uniformidades que observamos en nuestros experimentos con cantidades de materia que contiene millones de millones de moléculas son uniformidades del mismo tipo que aquellas explicadas por Laplace y Buckle y que surgen de la multitud de casos cada uno de los cuales no tiene relación con los otros”.

Así, Maxwell abrió la puerta a los métodos estadísticos en la Física.⁴¹ Su genial construcción teórica basada en la función de distribución de las velocidades de las partículas en un gas, sentó las bases de la Termodinámica e influyó en el desarrollo de la Mecánica Cuántica.

La aceptación de las ideas de Maxwell fue lenta dentro de la comunidad científica. En Francia esta interpretación estadística era conocida como *la hipótesis inglesa*.⁴² Siguieron siendo consideradas simplemente como hipótesis de trabajo hasta que en 1872 otro lector de los trabajos de Buckle, el famoso físico austríaco L. Boltzmann demostró que cualquier grupo suficientemente grande de partículas en movimiento debería tener una distribución de velocidades convergente a aquella propuesta por Maxwell. Boltzmann estaba también muy influido por los resultados en las estadísticas sociales. En su trabajo de 1872 puede leerse lo siguiente:⁴³

Las moléculas son como muchos individuos, tienen los más variados modos de movimiento y las propiedades de los gases solo permanecen inalteradas porque el número de estas moléculas que como promedio tienen un estado de movimiento dado, es constante.

La consecuencia más desconcertante de los trabajos de Maxwell y Boltzmann era que la mente prodigiosa que habían soñado Laplace y Boscovich realmente no tenía memoria cuando se trataba del comportamiento de los gases.

41 Algunas décadas después, en medio del proceso de construcción de la Mecánica Cuántica, uno de los más importantes íconos culturales de nuestra civilización, decidió cerrarle el paso a este tipo de interpretaciones por medio de su famosa frase: *Dios no juega a los dados*.

42 (Poincaré 1893). Una traducción al inglés puede encontrarse en (Brush 1966, 203–207).

43 (Boltzmann 1909, 317). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

Ciertos fenómenos eran irreversibles y la flecha del tiempo siempre apuntaría hacia el futuro. Este hallazgo generó encendidas discusiones.⁴⁴ Entre los protagonistas de las mismas estaba el notable matemático y físico francés H. Poincaré.

H. Poincaré nació en Nancy el 29 de abril de 1854. Su padre era profesor en la Facultad de Medicina de su ciudad natal. Era un niño prodigio. Uno de sus biógrafos⁴⁵ ha documentado que comenzó a hablar a los 9 meses de edad, que tenía una notable habilidad para los idiomas y que su talento matemático fue descubierto en cuarto grado de primaria.

Estudió Matemáticas en la École Polytechnique graduándose segundo de su generación en 1875.⁴⁶ Recibió el título de doctor en matemáticas por la Sorbona el 1 de agosto de 1879 y trabajó en esta universidad por muchos años. Es descrito a menudo como el último *universalista*, junto a K. F. Gauss, capaz de entender y contribuir en todos los ámbitos de la disciplina matemática de su época.⁴⁷

Poincaré objetó en un principio los resultados estadísticos obtenidos en la teoría cinética de los gases por Maxwell y Boltzmann porque contradecían un resultado propio.⁴⁸ Después reconoció que la metodología utilizada por estos últimos era la única posible.⁴⁹

Poincaré se vio involucrado casi sin quererlo en dos de los episodios más importantes en el proceso de formación de las teorías económicas del siglo XX. Uno de sus alumnos menos destacados se hizo de un lugar en la historia al sentar las bases de las actuales matemáticas financieras.

De la ecuación del calor a los mercados

J. Fourier es bien conocido por los desarrollos en serie de funciones trigonométricas que llevan su nombre. Un poco menos por el distinguido servicio público que realizó para el gobierno francés.⁵⁰ Siendo director del Buró de Estadísticas

44 Las cuales influyeron en el suicidio de L. Boltzmann en Duino, Italia el 5 de septiembre de 1906. Otro factor desencadenante de la tragedia parece haber sido la muerte de su primogénito semanas antes, producto de una apendicitis mal atendida.

45 (Gray 2013, 153-160).

46 La única persona que lo aventajó se llamaba M. Bonnefoy, el cual hizo un examen de dibujo mejor que Poincaré. Aparentemente Poincaré era pésimo como dibujante.

47 Otra inevitable consecuencia del reduccionismo y la especialización.

48 Conocido como Principio de Recurrencia.

49 Poincaré comenzó a dictar cursos de Termodinámica en la Sorbona en 1892. Tenía la costumbre de editar prolijamente las notas de sus cursos. La segunda edición de las notas al curso de Termodinámica se publicaron en 1908. En las mismas Poincaré insertó un párrafo donde afirmaba que todos los intentos de elaborar una teoría de los gases deberían ser abandonados pues solo las leyes estadísticas de Maxwell y Boltzmann tenían alguna posibilidad de éxito. (Brown *et al.* 2009).

50 J. Fourier participó en la expedición napoleónica a Egipto de 1799. Fue nombrado

del Departamento de Saine, Fourier publicó varios trabajos sobre demografía en los cuales utilizaba la distribución normal estudiada por Laplace. En 1801 fue nombrado por Napoleón prefecto de la ciudad de Iseré en Grenoble. Es aquí donde desarrolla sus trabajos sobre la teoría de conducción del calor que culminan con la publicación en 1822 de su trabajo *Teoría Analítica del Calor*.

La concepción de Fourier de la trasmisión del calor estaba basada en el movimiento cinético de las moléculas y a partir de esto dedujo una ecuación diferencial en derivadas parciales hoy conocida como ecuación de conducción del calor.

Es notable que casi ocho décadas después sus resultados fueron utilizados para describir el comportamiento de los precios en los mercados. Sin embargo, el trecho a través del cual se crearon las condiciones para esta nueva revolución intelectual se inicia en la segunda mitad del siglo XIX, más precisamente en 1863 con el libro de Jules Regnault, *Calcul des chances et philosophie de la bourse*. Hijo de un oficial de aduanas, Regnault comenzó a trabajar en la Bolsa de París en el año 1862.⁵¹ Esta fue una época de mucha turbulencia en el mercado francés y el tema de las fluctuaciones de los precios de los activos en los mercados se discutía frecuentemente en la prensa, en el parlamento y en conferencias especializadas. Un año después de su entrada a la Bolsa de París, Regnault publicó su libro,⁵² el cual no tuvo una buena acogida. Una de sus muy pocas citas es debida a John Maynard Keynes.

Entre las novedosas ideas que introdujo Regnault en su obra está el uso de la teoría de las probabilidades en el estudio de los movimientos de los precios. Observando las diferencias de precios de los activos a su alcance, asumió que la probabilidad de una subida de precios era igual a la probabilidad de una caída y de aquí concluyó que en el largo plazo ningún agente de mercado podía alcanzar

secretario perpetuo del Instituto de Egipto en 1798 y en 1801 Napoleón lo nombra prefecto de la ciudad de Iseré en Grenoble. Allí le mostró a un niño de 11 años por aquel entonces llamado J. F. Champolion una copia en tinta de la piedra Rosetta. Lo demás es historia. Como dato curioso vale agregar que Fourier fue el descubridor del efecto invernadero sobre el cual escribió trabajos en 1824 y 1827.

51 Como dato curioso queremos comentar que Jules Regnault quedó huérfano a los 12 años y que su hermano mayor Odilon exentó el cumplimiento del servicio militar por esa razón, apoyándose además para que tomara cursos de ciencias en la Universidad Libre de Bruselas. No existe sin embargo ningún indicio documental de que Jules haya estudiado en ninguna universidad belga. Ver por ejemplo, (Jovanovic 2004). Sin embargo, la influencia de los trabajos de A. Quetelet en su obra es reconocida por el propio Regnault.

52 Es muy notable que Regnault escribe su tratado de 50,000 palabras, en el cual desarrollaba una teoría de los mercados que presagiaba a los Premios Nobel de Economía del siglo siguiente, un año después de entrar a trabajar en la Bolsa de París.

ganancias sustantivas, lo cual constituye una especie de hipótesis de mercado eficiente simplificada.⁵³

Pero su contribución más importante esta relacionada con las escalas temporales en que los precios fluctúan. Tomando datos diarios de los activos que se negociaban en la bolsa en el período comprendido entre 1825 a 1862 estudió la relación entre los rendimientos obtenidos y el intervalo de tiempo en que el activo correspondiente había sido conservado por sus propietarios desde la compra a la venta. La magnitud que decidió utilizar para medir los rendimientos fueron las desviaciones (écarts) alrededor de la media, la cual él suponía igual a cero, dado que no podía haber ganancias en el largo plazo. La relación que encontró lo sorprendió según puede apreciarse de sus propias palabras: “Por primera vez nosotros formulamos aquí una ley matemática que nadie hubiera esperado hasta ahora: las diferencias de precios de un activo son proporcionales a la raíz cuadrada del tiempo transcurrido”.⁵⁴ Si bien en su frase original habla de “diferencias” lo que realmente calculó fue la desviación estándar de las diferencias.⁵⁵ Después utilizó ese hallazgo teórico para calcular el precio del bono perpetuo de 3% de interés conocido como *rente*.⁵⁶ A pesar de no disponer de computadoras utilizó 11,000 valores de este bono en sus cálculos.⁵⁷

Un lector atento habrá notado que la propiedad observada por Regnault es propia de las caminatas aleatorias gaussianas. Él mismo sugirió que esta era la verdadera distribución de los *écarts* en los datos que poseía. En (Jovanovic, Le Gal 2001) se afirma que el uso de la ley normal en el trabajo de J. Regnault está basada solamente en la observación de este último de la forma acampanada de la distribución, sin que mediara ninguna prueba estadística que validara su afirmación.

Utilizar las matemáticas como lenguaje para formular las ideas económicas puede haber sido algo meritorio en 1970, pero un siglo antes proyectos de este tipo sufrían del rechazo de la comunidad de investigadores

53 A pesar de sus creencias murió siendo poseedor de la enorme fortuna de 1,000,000 de francos de la época.

54 (Szpiro 2011, 44). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

55 "...d'après une formule importante que nous ne pouvons qu'indiquer ici...". (Szpiro 2011, 52).

56 Un bono emitido por el Gobierno Francés en 1825 para indemnizar a la nobleza y a todos los que habían perdido propiedades durante la Revolución. Para 1862 existía un mercado muy fuerte de estos bonos.

57 (Szpiro 2011, 50-52).

Sin embargo con el trabajo de Regnault no se tenía aún una formalización matemática del comportamiento de los precios en los mercados. Un paso importante en el estudio de este importante problema lo dio el joven de origen francés L. Bachelier. Nacido en Le Havre en 1870 en el seno de una familia acomodada, quedó huérfano de ambos padres a la edad de 19 años, lo cual le obligó a abandonar sus estudios. Después de concluir su servicio militar, ingresó a trabajar en la Bolsa de París en 1892. Ocho años más tarde, el 29 de marzo de 1900, defendió su tesis de doctorado en Matemáticas bajo la dirección de H. Poincaré.⁵⁸ El título de la misma era *La Teoría de la Especulación*, algo sin duda poco frecuente entre los aspirantes a este título en aquella época.⁵⁹

Bachelier había tomado clases en la Sorbona con P. Appell, E. Picard, J. Bousinesq y el propio H. Poincaré, lo cual le había brindado una sólida formación matemática. Era un requisito en la Sorbona en aquella época, que los aspirantes defendieran una segunda tesis. El tema elegido por Bachelier fue la Dinámica de Fluidos. Sobre este trabajo P. Appell, que también fue miembro de su jurado expresó: "...el candidato Bachelier muestra un buen dominio de la teoría del movimiento de esferas en un fluido".⁶⁰

A pesar de que el tema elegido por Bachelier era algo singular, Poincaré tenía en alta estima su trabajo. En lo referente a la derivación de la Ley de Gauss para las diferencias de precios y la comparación hecha por Bachelier del movimiento de los precios con la difusión del calor, Poincaré los calificó de "muy original". Respecto al último problema atacado por Bachelier en su tesis, a saber, ¿cuál es la probabilidad de que el precio de un activo alcance un valor predeterminado antes de una fecha prefijada?, Poincaré escribió en el reporte de la tesis: "parece insoluble". Después tachó la palabra *insoluble* y escribió "parece conducir en una primera mirada a cálculos muy complicados". A continuación expresó "el autor consigue resolver el problema por medio de un razonamiento corto, simple y elegante".⁶¹ Finalmente recomendó la publicación de la tesis en una respetada revista francesa.⁶²

Bachelier postuló que las diferencias de precios tenían una distribución normal. Existen varios hechos que excusan la aparente ligereza de Bachelier en admitir esta hipótesis. En primer lugar, si los movimientos de los precios se

58 Ha habido una larga discusión sobre la certeza de este dato. Al lector interesado se le sugieren las siguientes fuentes: (Mandelbrot, Hudson, 2004), pag. 42 y todas las citas que provienen de allí. (Courtault 2000), (Weatherall 2013, 9).

59 H. Poincaré escribió en el acta de la defensa de la tesis: "Le sujet choisi par M. Bachelier s'éloigne un peu de ceux qui sont habituellement traités par nos candidats".

60 (Szpiro 2011, 74). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

61 (Szpiro 2011, 76). La traducción es responsabilidad del autor de este artículo.

62 (Bachelier 1900).

describen por una ecuación similar a la de conducción del calor, según la analogía propuesta en su tesis, la desviación estándar de los mismos debe ser proporcional a la raíz cuadrada del intervalo de tiempo transcurrido. Recuérdese que Regnault había hecho una afirmación parecida 37 años antes en su libro.

En segundo lugar, Bachelier al igual que Regnault, debió calcular sus distribuciones empíricas manualmente, haciendo uso de datos diarios, sin el auxilio de una computadora. Por tanto, habiendo observado una curva acampanada, con colas que caían rápidamente, resulta entendible su afirmación de que las variaciones en los precios seguían una distribución normal.

En tercer lugar y no menos importante, admitir que los cambios de precios distribuían según la normal abría la posibilidad de usar toda la bien aceptada maquinaria teórica (*terra cognita*, al decir de B. Mandelbrot⁶³) desarrollada durante más de 150 años acerca de esta distribución estadística.

En cualquier caso, Bachelier ofreció la primera formulación matemática del movimiento browniano cinco años antes del famoso trabajo de A. Einstein.⁶⁴ Obviamente el trabajo de este último posee un rigor matemático que no se observa en la contribución de Bachelier. Su trabajo tardó en ser reconocido.⁶⁵ Fue “descubierto” en 1955 por un discípulo de J. Gibbs cuya tesis de doctorado consistió en reescribir la Economía en un lenguaje matemático, tomando ideas prestadas de la Termodinámica y la Física Estadística: Paul Samuelson.⁶⁶ Este último recibió en 1970 el Premio Nobel de Economía por “elevar el nivel de análisis de la ciencia económica...convirtiendo a la economía en una disciplina matemática” según el dictamen publicado por el comité que lo eligió.

Utilizar las matemáticas como lenguaje para formular las ideas económicas

63 (Mandelbrot, Hudson 2004, 53).

64 (Einstein 1905).

65 En vida Bachelier recibió muy poco reconocimiento por su trabajo. Más aún, fue perjudicado en más de una ocasión por la incomprensión de sus colegas. En 1926 aplicó para una plaza de profesor en la Universidad de Dijon. Uno de sus dictaminadores, M. Gevrey que creyó encontrar un error en uno de sus trabajos le envía el mismo a P. Levy, por entonces una autoridad en la Teoría de las Probabilidades en Francia. Levy hace una lectura superficial del trabajo y las descuidadas notaciones de Bachelier lo confunden y confirma un error inexistente. Años más tarde, leyendo un trabajo de A. Kolmogorov comprende que cometió un error con Bachelier. En su trabajo Kolmogorov comentaba positivamente la contribución de Bachelier: “...hasta donde conozco, Bachelier fue el primero en hacer un estudio sistemático de este tema...”, aunque más adelante admite: “...sin embargo su construcción es poco rigurosa”. Finalmente Levy le envía una carta de disculpas a Bachelier. Pero el daño ya estaba hecho. La plaza de la Universidad de Dijon había sido otorgada a G. Cerf. (Szpiro 2011, 76-77).

66 En realidad Samuelson no fue alumno directamente de Gibbs. Siendo estudiante graduado de Economía en la Universidad de Harvard estuvo fuertemente influenciado por E. B. Wilson, un físico matemático que fue el último alumno de Gibbs. A través de Wilson, Samuelson devino en un discípulo de la tradición gibbsiana. (Weatherall 2013, 17-18).

puede haber sido algo meritorio en 1970, pero un siglo antes proyectos de este tipo sufrían del rechazo de la comunidad de investigadores. La figura paradigmática en luchar contra esta corriente de ideas fue L. Walras.

Los equilibrios de la Mecánica se vuelven marginales

Si bien entre los padres fundadores de las Ciencias Sociales existió una tácita simpatía por los estudios cuantitativos y las formulaciones matemáticas de los fenómenos sociales, a finales del siglo XVIII ya podían observarse líneas de pensamiento que divergían de este paradigma. Las dificultades encontradas en la aplicación de las ideas de M. Condorcet⁶⁷ a la solución de problemas económicos generaron dudas sustanciales sobre la aplicabilidad de las analogías físico matemáticas más allá de la esfera de los fenómenos naturales.

Ambos puntos de vista coexistieron y ocasionalmente cohabitaron. Pero los conflictos se hicieron cada vez más claros. De hecho A. Comte decidió elegir la palabra *Sociología* para distinguir sus estudios y los de sus seguidores de la *Física Social* de Quetelet.

Otra razón para el ocaso de las ideas de Condorcet fue la gradual desaparición de aquellos investigadores con intereses en su obra. En particular con la muerte de J. Lagrange cuya reputación rivalizaba con la de Laplace se perdió al más fuerte impulsor de la época en el uso de las matemáticas en las Ciencias Sociales. Durante los años de la Revolución Francesa, Laplace había apoyado con entusiasmo a los investigadores interesados en los trabajos de Condorcet. Pero tras la muerte de Lagrange se evidenció cuán superficial era su adhesión a tales proyectos. Es notable, por ejemplo, la persecución a la que sometió a un discípulo de este último llamado E. Duvillard de Durand.⁶⁸ Por último, el despotismo napoleónico se encargaría de sofocar cualquier proyecto para desarrollar unas Ciencias Sociales sobre bases racionales.

En el campo de las Ciencias Económicas los puntos de vista de los fisiócratas eran tildados de ser muy especulativos. La tendencia dominante era la construcción de unas ciencias económicas que excluyeran el uso de modelos abstractos formales. En esta línea de ideas la figura más destacada fue J. Say.

67 (Condorcet 1847).

68 Laplace fue un notable científico pero también un gran oportunista. Habiendo sido maestro de matemáticas de Napoleón le dedica a este el tercer volumen de su *Mécanique Céleste* donde le elogia como “el pacificador de Europa”. Sin embargo, tras la caída del emperador vota en el Senado a favor de su primer destierro a la isla de Elba, pasándose a las filas borbónicas. Como una prueba de que un gran científico puede no ser un buen funcionario público, vale señalar que Napoleón le nombró Ministro del Interior, tarea en la que solo duró cuatro semanas con desastrosos resultados, siendo sustituido por L. Bonaparte.

Luchando contra estas circunstancias desarrolló L. Walras su actividad intelectual. Nacido en Évreux, Francia, el 16 de diciembre de 1834, es considerado a menudo el fundador de la economía matemática. Su padre A. Walras era también economista y colega de A. Cournot. L. Walras fue el primero en analizar y describir como un problema matemático el equilibrio general de la competencia perfecta, muy influido por la obra de Newton, de quien era un ferviente admirador.

El trabajo de Walras, al igual que el de Hobbes, es un excelente ejemplo de la apropiación de conceptos de las Ciencias Naturales para la solución de problemas en el área de las Ciencias Sociales. Alrededor del año 1859, Walras lee la obra de L. Poincaré *Elementos de Estática* e inspirado por ésta, en particular por el capítulo segundo de la misma y por otro trabajo de Poincaré titulado *Teoría general del equilibrio y el movimiento de los sistemas*, desarrolló el marco teórico para su teoría del equilibrio general económico.⁶⁹ En 1872 ya en la Universidad de Lausana con la ayuda del ingeniero P. Piccard escribe *Principios de una teoría matemática del intercambio*, una memoria que fue presentada en agosto de 1873 a la Academia de Ciencias Morales y Políticas, recibiendo allí una recepción muy hostil.⁷⁰ Este trabajo fue la génesis de su obra fundamental *Los Elementos de Economía Política Pura*, de la cual se hizo la primera edición entre 1874 y 1877.

Ignorado por los economistas, Walras decidió dirigirse a físicos y matemáticos en busca de la comprensión que no lograba encontrar en su propio gremio. Así, el 10 de octubre de 1901, Walras le envía una carta a Poincaré acompañando una copia de la cuarta edición⁷¹ de sus *Elementos*.⁷²

Las razones para elegir a Poincaré como destinatario de esta primera carta eran varias. En primer lugar, Poincaré era uno de los matemáticos más distinguidos de Francia en la época, con un sólido compromiso con las aplicaciones de las matemáticas. En segundo lugar, se había publicado a principios de ese mismo año un trabajo que defendía el uso de las matemáticas en la solución

69 (Jaffe 1965, 148).

70 La profesión de economista en Francia adquirió estatus institucional alrededor del año 1830 basado en la influencia y prestigio de J. Say. Como hemos dicho ya, esta línea de pensamiento era contraria al uso de formulaciones matemáticas en economía. La presentación del trabajo de Walras en 1830 fue objetada por el profesor del Colegio de Francia P. Levasseur, principal figura en el Comité Editorial de la revista *Journal de Economistes*. (Ingrao, Israel 1990, 87-94).

71 Puede resultar ilógico que existieran ya en esa época cuatro ediciones de una obra que había recibido una fría y hostil acogida en su primera presentación en la Academia. El hecho es que la llamada *escuela de Lausana* había ganado un notable prestigio a pesar de que, en contra de la corriente principal de pensamiento de la época, en sus filas habían muchos adeptos de la economía matemática.

72 (Jaffe 1965, 158-159).

de problemas económicos.⁷³ Este trabajo sugería la relación desde el punto de vista metodológico entre los *Elementos* de Walras y un reciente artículo de Poincaré.⁷⁴

La influencia de Poincaré en la obra de Walras fue esencialmente metodológica en lo que concierne a la fundamentación del concepto de función de utilidad. La generalidad con que apareció expresado este concepto en trabajos posteriores,⁷⁵ se debe básicamente a la forma abstracta y general que Poincaré le sugirió a Walras a lo largo de un extenso intercambio epistolar.

En el trabajo de Walras se explota un símil entre el concepto de función de utilidad y el de energía potencial mecánica. La maquinaria matemática desarrollada para obtener los equilibrios mecánicos fue sin duda idónea para la obtención de los equilibrios que aparecían en los modelos estudiados por Walras.⁷⁶ El concepto de *rareté* en sus trabajos se refiere a las derivadas de la función de utilidad, concepto también bautizado por W. Jevons como *utilidad marginal*.

De la obra de Walras y por lo tanto de la influencia de Poincaré sobre la misma se deriva toda la moderna teoría económica del equilibrio general. Al margen de la pertinencia o no de esta teoría, así como de su capacidad de reflejar con precisión los fenómenos reales, es sin duda el sustento de la corriente principal del pensamiento económico actual.

Conclusiones

En tiempos más recientes se ha hecho evidente la colaboración interdisciplinaria entre las diferentes esferas del conocimiento humano. Áreas como Biofísica y Biomatemática que ya tienen algunas décadas de establecidas son buenos ejemplos de estos empeños. A partir del auge de las computadoras digitales otras líneas de investigación se han desarrollado en la frontera entre las Ciencias Naturales y Sociales. Como ejemplos de esto podemos citar a la Sociofísica y la Econofísica.

La conclusión fundamental de este trabajo es que este proceso ha ocurrido desde épocas ya muy lejanas en el tiempo y que además el intercambio de ideas se ha producido en las dos direcciones. La Econofísica es la heredera de los trabajos de Regnault y Bachelier de la misma manera que la Sociofísica es el vástago de

73 (Bouvier 1901).

74 (Poincaré 1900).

75 (Laurent 1902).

76 A. Aupetit fue el primer alumno que defendió su doctorado con Walras. Su tesis apareció publicada en *Essai sur la théorie general de la monnaie*, 1901 (Riviere 1957). En el prólogo de esta obra G. Bousquet hace un comentario acerca de la pertinencia de obtener los equilibrios económicos por medio del método de los extremos condicionados de Lagrange.

los trabajos de Quetelet y Condorcet. Sin embargo, la Física Estadística le debe a las investigaciones sociales herramientas de trabajo que hicieron época. Entender esta relación es un requisito indispensable para la generación de un conocimiento científico más humanista a la altura de los retos que enfrenta nuestra civilización en la actualidad. ■

Referencias

- Altshuler, J. *Maxwell y la extraña magia de sus ecuaciones*. La Habana: Academia, 1979.
- Aubrey, J. *Brief Lives*. London: Penguin Books, 2000.
- Axelrod, R. *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books, 1984.
- Bachelier, L. «La théorie de la spéculation.» *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure* (1900): 21-86.
- Ball, Philip. *Critical Mass. How One Thing Leads to Another*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2004.
- Boltzmann, L. *Estudios sobre el equilibrio térmico de las moléculas de un gas*. Vol. 1, de *Wissenschaftliche Abhandlungen*, ed. por F. Hasenöhr. Barth, 1909.
- Boorstin, D. *The Discoverers*. New York: First Vintage Books Edition, 1985.
- Boscovich, R. *A theory of natural philosophy*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1966.
- Bouvier, E. «La méthode mathématique en Economie Politique.» *Revue d'Economie Politique* 15 (1901): 817-850.
- Brown, H, et al. «Boltzmann's H-theorem, its discontents, and the birth of statistical mechanics.» *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, (2009): 174-191.
- Brush, S. *Kinetic theory*. Oxford: University Press, 1966.
- Campbell, L., y W. Garnett. *The life of James Clerck Maxwell*. London: Macmillan and Co, 1882.
- Condorcet, M. J. A. N. «Tableau général de la science qui a pour objet l'application du calcul aux sciences politiques et morales.» En *Oeuvres de Condorcet*, 1: 539-573. París: Firmin Didot frères, 1847.
- Courtault, J. «Louis Bachelier on the Centenary of Théorie de la Spéculation.» *Mathematical Finance* 10 (2000): 341-353.
- Devlin, K. *The Unfinished Game: Pascal, Fermat, and the Seventeenth-Century Letter That Made the World Modern*. New York: Basic Books, 2008.
- Einstein, A. «On the movement of particles suspended in a stationary liquid demanded by molecular-kinetic theory of heat.» *Annalen der Physik* 17 (1905): 549-560.
- Hobbes, Th. *Philosophical Rudiments concerning Government and Society*. London: J. G. for R. Royston, 1651.

- Ingrao, B., y G. Israel. *The invisible hand. Economic equilibrium in the history of science*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1990.
- Jaffe, W. *Correspondence of Léon Walras and related papers*. Amsterdam: North-Holland, 1965.
- Jovanovic, F. «Elements biographiques inédits sur J. Regnault (1834-1894) inventeur du modèle de marché aléatoire pour représenter les variations boursières.» *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, 2004: 215-230.
- y Ph. Le Gal. «Does God practice a random Walk? The financial physics of a 19th century forerunner, J. Regnault.» *European Journal of the History of Economic Thought* 8 (2001): 526-571.
- Kenyon, J. *Stuart England*. London: Allen Lane, 1978.
- Laurent, H. *Petit traité d'économie politique mathématique rédigé conformément aux préceptes de l'Ecole de Laussane*. Paris: C. Schmid, 1902.
- Mandelbrot, B., y R. Hudson. *The (mis)behavior of the markets*. New York: Basic Books, 2004.
- Maxwell, J. *The scientific papers of James Clerck Maxwell*. Cambridge: Cambridge University Press, 1890.
- McGrayne, S. *The theory that would not die*. Devon, Pennsylvania: Yale University Press, 2011.
- Mori, G. «Hobbes, Descartes and Ideas: A Secret Debate.» *Of the History of Philosophy* 50 (2012): 197-212.
- Poincaré, H. «La relation entre la physique expérimentale et la physique mathématique.» *Revue général des sciences pures et appliquées*, 1900: 1163-1175.
- . «Le mécanisme et l'expérience.» *Revue de Métaphysique et de Morale* 1 (1893): 534-537.
- Poundstone, W. *Prisoner's Dilemma*. New York: Anchor Books, 1992.
- Stuart Mill, J. *Collected Works*. Vol. 7. Toronto: Toronto University Press, 1973.
- Szpiro, G. *Pricing the future: Finance, Physics and the 300-years journey to the Black and Scholes equation*. New York: Basic Books, 2011.
- Weatherall, J. *The Physics of Wall Street. A brief history of predicting the unpredictable*. New York: Houghton Mifflin & Harcourt, 2013.