aesthethika©
International Journal on Subjectivity, Politics and the Arts
Revista Internacional sobre Subjetividad, Política y Arte
Vol. 11, (1), abril 2015, 25-43

Matemática y psicología: disquisiciones sobre las tensiones de la investigación*

Roberto Markarian**

Universidad de la República, Uruguay

Recibido: 15/2/2015; aceptado: 15/4/2015

Introducción.

La palabra disquisición tiene dos acepciones un tanto contradictorias: a) Examen riguroso que se hace de algo, considerando cada una de sus partes. b) Divagación, digresión. En esta conferencia se le dará un significado dual, mezclando ambas acepciones: divagación o digresión sobre los objetos del título, considerando muchas de sus partes. Serán divagaciones de un matemático que estudia las presentaciones formales de las evoluciones desordenadas o caóticas, tratando de relacionarlas con la psicología y disciplinas afines.

Consideremos los siguientes dichos de C. Auguste Dupin, personaje central del cuento *La Carta Robada*, de Edgar Alan Poe

> *Como poeta y matemático, ha debido de razonar perfectamente; como simple matemático no habría razonado en absoluto. [...]*
>
> *Las matemáticas son la ciencia de la forma y la cantidad; el razonamiento matemático es la simple lógica aplicada a la observación de la forma y la cantidad. El gran error consiste en suponer que las verdades que se llaman* puramente *algebraicas son verdades abstractas o generales. Y este error es tan enorme, que me admira la unanimidad con que ha sido acogido. Los axiomas matemáticos no son axiomas de una verdad general.*
>
> *Lo que es cierto en una relación de forma o de cantidad, es con frecuencia un grosero error respecto a la moral, por ejemplo. En esta última ciencia suele ser falso que la suma de las partes sea igual al todo. [...]*
>
> *Pero el matemático, por rutina, argumenta de acuerdo con sus* verdades *finitas, como si fueran de una aplicación general y absoluta, valor que, por otra parte, el mundo les atribuye. [...] En resumen, no he encontrado nunca un matemático puro en quien pudiera tenerse confianza fuera de sus raíces y ecuaciones; diga a uno de esos señores, por vía de experimento,*

* La Escuela de Verano de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República, en su 6ta. Edición, recibió a 60 estudiantes uruguayos y extranjeros. Los cursos y talleres abordaron la temática «Tensiones de la investigación en psicología: métodos, debates y perspectivas» y se desarrollaron entre el 3 y el 12 de febrero de 2015. La apertura se realizó el martes 3 de febrero de 2015 presidida por el Decano Luis Leopold y contó con una conferencia a cargo del Rector Roberto Markarian. El texto que sigue es una versión libre y ampliada de esa conferencia.

** E-mail: roma@fing.edu.uy

si eso le place, que cree en la posibilidad de que x^2 +px no sea igual a q, y cuando le haga comprender lo que quiere decir, póngase fuera de su alcance o más rápidamente posible, porque sin la menor duda tratará de derribarle."

Esta cita proviene de un autor inesperado para comenzar una conferencia de este tipo. Pero, las palabras del señor Dupin reflejan, con todas sus contradicciones, opiniones muy extendidas sobre la disciplina. Reflejan cierto prejuicio hacia los matemáticos y a la vez cierta fascinación por la disciplina. Poe desconfía de los matemáticos, de su pretendida infalibilidad, acusándolos de lo que alguien ha llamado imperialismo filosófico o intelectual.

En el fondo, la mayoría de la gente considera que la matemática es importante pero, a veces, parece haber olvidado por qué. O da más peso a las dificultades de su aprendizaje y comprensión que a las ventajas e impacto de la disciplina.

Existe hoy una generalizada pérdida de apreciación de lo que los matemáticos y la matemática pueden lograr y de la importancia de la disciplina. Una parte de la culpa la llevamos los matemáticos y los profesores de matemática, por no explicar nuestra disciplina en un sentido general a estudiantes, gobiernos y opinión pública. Otra parte la lleva la confianza ciega en que las computadoras son una caja negra que puede dar respuestas a todos los problemas matemáticos, sin comprender los procesos involucrados ni los conceptos que se trata de manipular. Y hay otros "culpables" relacionados con la cultura del consumo, sobre los que no hablaré.

La matemática ocupa un lugar prominente en el currículo escolar de todos los países. El papel de la matemática en la sociedad es sutil y a veces difícil de percibir, incluso permanece totalmente escondido en los aparatos, herramientas y utensilios de uso diario. Las aptitudes para calcular y para organizar la información (relacionadas con el poder de la tecnología y el mejoramiento de la organización económica y social), así como la comprensión geométrica del espacio-tiempo (esto es el mundo físico y sus modelos), son dos aspectos que muestran el papel cultural y científico de la disciplina. Dado que la matemática ocupa un lugar preeminente en diversos sectores de la sociedad y de la civilización como un todo, los matemáticos y los profesores de matemática debemos preocuparnos por explicar y clarificar su rol, estructura, etcétera. La matemática es excitante para muchos, pero más bien es considerada difícil y, para la mayoría, inaccesible. Se expresa en un lenguaje muy técnico. Si se toma un libro de matemática de cualquier biblioteca y se abre al azar en cualquier página, lo más probable es que no se entienda casi nada de lo que está escrito y que haya que ir hacia atrás y quizás hasta las primeras páginas para ver el significado de muchos de los símbolos y palabras usados.

La "utilidad" de la matemática

Se suele preguntar a los matemáticos por qué consumen sus vidas tratando de resolver problemas raros; ¿qué importa que un número sea igual a la suma de cuatro cuadrados? ¿Para qué se necesita saber nada acerca de los pares de números primos? ¿Qué importa que pi sea irracional?[i]

En muchos sectores de la sociedad, en particular del cuerpo docente e intelectual existe la opinión de que nada hay para inventar en matemática, y que por tanto esta es una ciencia consolidada, que no ha tenido nuevos avances (¿invenciones o descubrimientos?) en los últimos tiempos. El fin de los avances matemáticos es fijado en diferentes épocas dependiendo del grado de desconocimiento de quien eso piensa: puede ir desde los griegos en el siglo V antes de nuestra era, hasta fines del siglo XIX (recordándose el nombre de algún matemático alemán: Weierstrass, Cantor, etc.). En todo caso no hay matemática reciente que valga la pena saber ni enseñar. Hay también quienes exageran en esa tesitura y opinan que no sólo no hubo nuevos avances, sino que la matemática no merece tenerlos. ¿Para qué?

Así, sectores cultivados ignoran la existencia de investigaciones en matemática en la actualidad. Se nos acusa de interesarnos por problemas demasiado abstractos, gratuitos, desconectados de la realidad. Los matemáticos somos en parte responsables de estas cosas pues no nos preocupamos como otros científicos o creadores de divulgar nuestro trabajo. Hay algunas circunstancias atenuantes pues nuestra formación es extremadamente rigurosa y precisa, por lo que nos cuesta realizar aproximaciones y simplificaciones entendibles por el gran público. Lo más grave es que no logramos transmitir representaciones de los objetos de nuestra ciencia como lo son las células para los biólogos o el núcleo atómico para los físicos.

Aún peor es la situación con aquéllos que se precian de no saber nada de matemática (y muchas veces, de cualquier ciencia no aplicable de inmediato). ¿Qué pensaríamos de un científico que se ufanara de desconocer quiénes son Shakespeare, Picasso o Beethoven?

¿Qué aporta la matemática al bienestar humano que justifique esfuerzo de algunos señores, que obligue a dedicar cantidades (pequeñas) de dinero para comprar libros y equipamientos y pagar salarios de esos señores dedicados a realizar imposibles nuevos descubrimientos en la disciplina? En todo caso, algunas veces los avances de la matemática saltan a conocimiento de la opinión pública porque algún enigma de la antigüedad es resuelto. Este es el caso de la reciente resolución del problema de Fermat, planteada por este matemático francés hace ya más de tres siglos.[ii]

Esa visión de que no hay más matemática básica por hacer, es comparable a quienes dicen que la física se acabó porque sus problemas básicos han sido resueltos. Se reconocen las importantes consecuencias de los sistemas de numeración, de su surgimiento con el comercio, del descubrimiento del cero, de las ventajas de los procedimientos de cálculo, pero se duda de que el camino de la ciencia y de la humanidad tenga hoy mucho que ver con el desarrollo de la matemática. Incluso hay quienes imaginan que la matemática será hecha por las supercomputadoras, sin darse cuenta que ellas son debidas a formulaciones conceptuales y matemáticas.

Por el contrario todo parece indicar que la matemática está en medio de una revolución. Gran parte de los resultados en física, ingeniería y computación que están entre los avances más importantes de los últimos 100 años están basados en progresos de la matemática. En física, las teorías del Big Bang, de la relatividad, del campo unificado; la mecánica cuántica y hasta el descubrimiento de algunas partículas elementales. En aspectos más aplicados, los vuelos espaciales, la criptografía –para la transmisión secreta de la información, en particular para las transacciones financieras electrónicas–, los códigos de corrección de errores, la invención y desarrollo de discos compactos, nuevas generaciones de programas de computación, la inteligencia artificial. La lingüística y la economía matemáticas son ramas que se desarrollaron activamente en los últimos 30 años. Recientes son también la teoría de programación de autómatas, la teoría matemática de la clasificación, la investigación operativa (que trata de problemas económicos relacionados con el transporte y el stock de bienes, entre otros), las teorías de colas –filas de espera– y de redes (directamente relacionadas con la transmisión de información, aunque ambas tienen aplicaciones en cuestiones menos relacionadas con las telecomunicaciones, como la espera o la atención en masa).

Avances e impulsos de la matemática

Incluso muchos de los avances en biología y biotecnología se refieren a buenas formalizaciones matemáticas de sus problemas. En el libro *El segundo secreto de la vida*[iii] (cuyo interés se acrecienta por estar escrito por un científico uruguayo) se destaca la importancia de la matemática en la investigación biológica; en particular: se encuentra esta frase de William Ross Ashby (Londres, 1903-1972), psiquiatra inglés, autor de *Proyecto para el cerebro* (1952): "Por haber experimentado la confusión que tiende a surgir siempre que tratamos de poner en relación unos mecanismos cerebrales con el comportamiento observado, me había fijado de antemano la norma de no aceptar nada que no pudiera enunciarse en forma matemática, ya que solamente con este lenguaje puede uno estar seguro de que al ir adelantando no cambia inconscientemente el significado de los términos, añade supuestos nuevos ni se desliza de ninguna otra manera hacia el reino de la confusión" (p. 46). En una excelente biografía breve de Pasteur[iv] se destaca cómo las ciencias experimentales andan por los caminos de la abstracción: “Pasteur llegó por un proceso puramente intelectual a la convicción de que los microbios pueden causar enfermedades.” Como la mayor parte de las otras teorías científicas, esa creencia “había surgido como un concepto abstracto -una corazonada- mucho antes de que fuera posible establecer claramente los hechos, o probarlos mediante la experimentación. Durante muchos años, la teoría evolucionó progresivamente desde un vago conocimiento hasta una exacta comprensión.”(pp. 81-82 y 87)

Muchos de los impulsos decisivos para el avance de la matemática han venido desde afuera de la disciplina. La teoría de la complejidad, la algorítmica, la robótica están en la base de la revolución de la informática (se podría decir que tanto los alcances como las limitaciones de las computadoras dejan de ser entendidos si la base matemática es olvidada o deja de desarrollarse, y las computadoras podrían ser usadas de modo inapropiado, o simplemente limitar el diseño de software). Los problemas de tratamiento de señales están en la base de las *ondelettes* que son una nueva manera de ver viejos problemas de representación de funciones complicadas mediante sumas de objetos más sencillos. La física-matemática que hasta hace poco tiempo era otro nombre para el estudio de las ecuaciones en derivadas parciales ahora abarca sectores muy diversos de la matemática, desde la geometría algebraica y la teoría de grupos (matemática de la más pura, si la hay) a los procesos estocásticos y los sistemas dinámicos. Bien decía el matemático francés Alexander Grotendieck, en 1985, que la razón de hacer matemática es “sacar nuevos conceptos de la oscuridad”.

Hace más de cien años Henri Poincaré ya destacaba la contradicción entre la especialización creciente de la ciencia y ciertas interrelaciones inesperadas: es por aproximaciones inesperadas entre las diversas partes que se efectúan los progresos. Especializarse mucho sería lo mismo que prohibir estas aproximaciones.[v] Así, como sucede en otras ramas de la actividad intelectual, entre los matemáticos existen opiniones contrapuestas respecto de las características fundamentales de la disciplina: las de quienes enfatizan en su unidad y las de aquéllos que, alternativamente, ponen el acento en su extraordinaria diversidad. Ambos puntos de vista tienen fundamento y pueden coexistir con mucha salud.

Nuestro pobre cerebro

Una explicación completa del suceso de la matemática necesitaría una comprensión mejor del lenguaje, de la estructura del cerebro y su funcionamiento. Ella estudia modelos y estructuras, y realiza análisis lógico y cálculos con ellos. En nuestra búsqueda de la comprensión del mundo, sea por la necesidad de sobrevivir en él, sea porque queremos saber que hay en él, sea porque queremos darle sentido a las relaciones entre sus distintos objetos, necesitamos una ciencia de las estructuras, en abstracto, y un método para saber qué es cierto, qué es interesante, en estas estructuras. Por ello se introducen símbolos que permiten un manejo sistemático de ellas, se las extiende y generaliza tratando de unificarlas en estructuras superiores. Estos procedimientos, métodos y objetos de creación tan peculiarmente humanos son una primera razón de por qué hay que prestar atención a la matemática. Y en particular a las características de nuestra mente que permiten esos procesos de abstracción, con sus éxitos y dificultades.

En los últimos decenios[vi] los avances en los estudios sobre el funcionamiento del cerebro han llevado a una pregunta muy natural: ¿Por qué nuestra matemática es así? ¿Cómo elabora el hombre sus formulaciones abstractas? ¿Está nuestro sistema fisiológico bien adaptado para las funciones que debe realizar en esta etapa de la evolución humana? Recientemente se ha escrito mucho sobre esto.[vii] Por ejemplo, Hersh destaca el carácter de la matemática como invención humana, más que descubrimiento. Chaltin pide a los matemáticos que adoptemos un planteamiento casi empírico de la disciplina: “la matemática no es tan diferente de la física.”

Para Dehaene, de formación matemática, dedicado luego a la neurofisiología y las ciencias del conocimiento, la matemática “está grabada en la estructura misma de nuestro cerebro” y éste resulta muy útil para conceptuar los números porque vivimos en un mundo lleno de objetos diferenciados y móviles. Más aún, analizó ciertas partes del cerebro cuyo daño parece estar directamente relacionado con la pérdida de capacidades numéricas básicas. Esta zona parece estar también vinculada con el procesamiento del lenguaje y la distinción entre derecha e izquierda. Concluye con que las capacidades matemáticas elementales (sumar, por ejemplo) no se diferencian de la capacidad para el lenguaje. Pero que las capacidades superiores (matemáticas o literarias) son obra de la cultura humana, basado en aquel sustrato neurológico. Butterworth argumenta en el mismo sentido y trata de demostrar que nuestros genes contienen las instrucciones para construir un “cerebro matemático”, por lo que aún sin aprendizaje los seres humanos han nacido para contar. Escribe: “La importancia de los números está basada no precisamente en su utilidad obvia sino en la manera como ellos han modelado nuestra manera de pensar sobre el mundo. Es el lenguaje en base al cual formulamos las teorías científicas. Como dijo Einstein, los números son ‘la contraparte simbólica del universo’; son fundamentales para las medidas que tomamos como evidencia fundamental de nuestras teorías. ‘Si usted no puede medir ... su conocimiento es magro e insatisfactorio’, para citar al gran científico del siglo XIX Lord Kelvin quien, no casualmente, inventó la escala para medir temperaturas absolutas.”

Dehaene discute el posible desarrollo de “otras matemáticas”: “si las especies extraterrestres hubieran evolucionado en un ambiente similar al nuestro –por ejemplo, en un mundo compuesto de objetos distintos y móviles– lo más probable es que hubieran incorporado, por selección natural, las mismas regularidades sobre el mundo exterior que nosotros y tendrían una aritmética y una geometría muy parecidas. Pero supongamos que las especies extraterrestres hubieran evolucionado en un ambiente radicalmente diferente, por ejemplo, en un mundo fluido. En ese caso, el conocimiento de los objetos móviles no sería esencial para su supervivencia, mientras que el conocimiento de la mecánica de fluidos, los vórtices, etc. sí lo serían. Creo que esta hipotética especie habría asimilado en su cerebro regularidades asombrosamente diferentes de las nuestras.”

David Ruelle[viii] ha escrito unas “Conversaciones sobre matemática con un visitante del espacio exterior” en que se ofrece un enfoque absolutamente original de estos asuntos y se resalta desde una óptica inesperada el carácter humano, evolutivo y necesario de la ciencia matemática.

En un texto previo[ix], el mismo David Ruelle explicó el porqué de su interés en cruzarse con un ser extraplanetario:

> *He estado soñando despierto con el encuentro con un matemático del espacio exterior y con comparar notas con él, ella o ello. Finalmente he llegado a la conclusión que el matemático del espacio exterior tenía la forma de una agradable joven mujer. (Si usted prefiere un Dios Griego, podemos llegar al término medio de una Diosa Griega). Su nombre es Pallas, y está haciendo investigación sobre la matemática humana. Su teoría es que la matemática humana es bastante peculiar comparada con la matemática de otras especies matemáticamente competentes de la Galaxia, y que nuestras peculiaridades se deben a defectos propios del cerebro humano.*
>
> *Desde luego, usted puede exclamar que Pallas es sólo un producto de mi imaginación, que no conocemos otras especies matemáticamente competentes de la Galaxia y que, por tanto, las especulaciones sobre su matemática son infundadas y sin valor. Concuerdo sólo en parte con eso. Nuestras computadoras electrónicas no son buenas matemáticas, pero tienen algunas competencias matemáticas, y hay ciertas cosas matemáticamente útiles que hacen mucho mejor que los humanos. (Recuerden que Gauss y Riemann hicieron grandes cálculos numéricos a mano, y que los matemáticos actuales hacen lo mismo usando sus computadoras). La conclusión es inevitable de que hay algunas capacidades útiles que deberíamos poseer y no poseemos, y que la falta de esas capacidades pueden tener profundos efectos en los logros de la matemática humana.*
>
> *Resulta posible y fructífero evaluar algunas de las virtudes y los defectos del cerebro matemático humano, usando neurofisiología y comparaciones con las computadoras. En lo que sigue damos una lista y analizamos lo que hemos encontrado.*

(Esta es una buena oportunidad para destacar que las computadoras tienen un pie afincado en el mundo de los instrumentos –el aparato mismo, estas teclas que ahora aprieto, los mecanismos para encender y apagar, etc., el *hardware*– y otro en un conjunto de reglas, de algoritmos, que son de naturaleza eminentemente matemática y simbólica).

He aquí las analogías y diferencias anotadas por Ruelle:

- La arquitectura del cerebro es fuertemente paralela.
- El cerebro es lento.
- Nuestra memoria es pobre.
- Nuestro pensamiento matemático usa varios sistemas y funciones del cerebro y el sistema nervioso central: visión, lenguaje, etc.
- Podemos focalizar nuestra atención en una tarea, pero sólo de una manera limitada.
- Nos gustan las formulaciones cortas.

- No somos buenos con las manipulaciones formales lógicas.
- Pero somos bastante buenos en encontrar regularidades y “significados”.

Luego de dar esas características de nuestra mente, Ruelle nos dice que se puede intentar dar una descripción del modo matemático de pensar compatible con las analogías que acabamos de explicitar.

> *Para la mayoría de nosotros científicos, la lengua materna es distinta del inglés, que es nuestra lengua profesional. El registro de la actividad del cerebro del matemático puede entonces dar frases o pedazos de oraciones en dos lenguas con roles algo diferentes (quizás las observaciones y palabrotas en la lengua materna y los aspectos técnicos en inglés), Pero la salida verbal podría ser salpicada con elementos no verbales, visuales para la mayoría de nosotros [...]. Debido a nuestra pobre memoria y a nuestra capacidad limitada de atención, usamos símbolos verbales y no verbales y trata-mos de combinarlos en algo útil. El trabajo creativo es entonces de naturaleza combinatoria, usando la analogía por guía. Para aliviar nuestra pobre memoria frecuentemente tomamos un hoja de papel dibujamos diagramas o garaba-teamos fórmulas: la hoja de papel cumple la función de una memoria externa y hace buen uso de la competencia visual.*

A continuación Ruelle comenta que la geometría griega usaba las figuras como “intuición visual” y como “memoria externa de una manera extraordinariamente efectiva.” El uso de fórmulas estuvo en la base de la siguiente explosión de la matemática occidental (a partir del siglo XIII): se usaba la memoria externa de naturaleza visual de manera más general pues la manipulación de fórmulas “va al corazón de lo que consideramos matemática”. Ruelle concluye este análisis histórico haciendo observaciones sobre el proceso creativo mismo:

> *Después de algún tiempo de investigación el problema se nos hace familiar, o sea, las cosas han sido puestas en la memoria de largo plazo y podemos realizar un trabajo significativo sin una hoja de papel. De hecho el trabajo creativo puede ser hecho inconscientemente! como fue observado por Poincaré. Y entonces, más o menos de golpe nos convencemos que tenemos una buena idea. Pero, por la manera como funcionamos, la idea está en términos de símbolos abreviados. Cosas de este estilo: ‘funciona porque hay un punto fijo y si lo mira del modo correcto es más o menos claro que es único’. (Frases de este tipo son comunes al fin al de un seminario y, dependiendo del caso, clarifica todo lo anterior o lo deja en la más densa bruma). Tenemos ahora que desempacar los símbolos abreviados, confiar que no serán en realidad una mala sorpresa y escribir las cosas con suficiente detalle como para que los colegas se convenzan. [...]*
>
> *Lo que surge de nuestra discusión es que estas ideas [matemáticas] son específicamente humanas, y dependen de la especial conformación de nuestro cerebro, y en particular en sus defectos. La veracidad de una afirmación específica es algo que compartimos con los dioses, pero lo que vemos como las ideas profundas subyacentes ‘que hacen que las cosas funcionen’ puede que sean invenciones nuestras, mortales. En otras palabras, nuestra alta valoración de los aspectos conceptuales de las teorías matemáticas puede que sólo refleje nuestras limitaciones específicamente humanas con respecto a la memoria y a la capacidad de atención.*

Aplicabilidad de las teorías de sistemas dinámicos y del caos

Existen cantidad de aspectos de la realidad que evolucionan temporalmente, que pueden ser analizados con las herramientas de la Teoría de Sistemas Dinámicos. Resulta difícil definir un concepto matemático que refleje la existencia de fenómenos desordenados pero existen definiciones razonables de caos.

Intentaremos explicar las diferencias existentes entre las ciencias físico-matemáticas "fácilmente modelables", y otras, incluyendo las ciencias sociales, en que la modelización es harto difícil. Esquematizaremos los argumentos para poder "clasificar" las dificultades y buscar algunas diferenciaciones entre los métodos de unas y otras ciencias, o sea entre las formas de encarar unas y otras partes de la realidad.

Una primera razón para tales dificultades tiene que ver con las trabas existentes en biología, ecología, economía y las ciencias sociales en general, para tener una buena comprensión cuantitativa de los fenómenos. Esa comprensión cuantitativa se puede lograr por la deducción de las ecuaciones de la evolución temporal o por la obtención de largas series temporales de distintas variables que describen el fenómeno. En muchas ramas de la física, de la astronomía, en menor medida de la ecología, las ecuaciones son deducibles. Las largas series temporales se pueden obtener en meteorología, química, diversas ramas de la biología.

Muchas veces hay que tener un cuidado extra. Si bien las ecuaciones se pueden obtener con una razonable exactitud, ellas van sufriendo pequeñas modificaciones a lo largo del tiempo. En ecología esto es particularmente claro (variación de los índices de crecimiento, de disponibilidad de alimentos, etc.) y en economía, donde el sistema "va reconociendo sus leyes" y cambiando sus características porque ¡sus actores las cambian! Esto hace que el sistema no sea "un sistema", sino muchos, debido a la presencia continua de perturbaciones.

Así se nos presenta **una segunda razón** que dificulta la aplicación de la Teoría de Sistemas Dinámicos a algunas ramas del conocimiento: me refiero a la casi imposibilidad de aislar suficientemente fenómenos de la economía, de la biología o de la psicología. Esta traba complica aún más la comprensión y hasta percepción de fenómenos caóticos. Porque puede ser sencillo distinguir grandes regularidades que se sobreponen a la influencia de otros aspectos no tomados en consideración al estudiar series temporales; pero cuando se trata de estudiar la aleatoriedad de los fenómenos, ésta se puede deber exclusivamente al "ruido" de otros factores. En los estudios de la mente, de demografía, de variaciones de precios, el aislamiento de una pequeña parte es casi imposible, por lo que el objeto de análisis, el subsistema experimental es continuamente perturbado muchas veces no se sabe cómo. Incluso, en física o en química o en astronomía, gran parte del esfuerzo de los experimentadores consiste en aislar suficientemente el objeto o el instrumento de estudio.

Una tercera razón es la dificultad para repetir el acontecimiento estudiado y mejorar el modelo. Los experimentos controlados casi no existen en ciencias sociales: si un economista quiere estudiar los efectos de alguna política fiscal, no puede hacer sucesivos ensayos y ver las reacciones. Muchas veces no puede aplicarla ni una sola vez. Puede sí hacer una simulación numérica y ver cómo corre aquello en una computadora, pero esto es otra historia. En este aspecto es donde las tres razones ya dadas se juntan. En los sistemas muy complejos no hay experimentos controlados, ni se pueden aislar suficientemente algunas partes de modo de hacer buenos modelos matemáticos. En algún sentido, es imposible hacer un modelo matemático de la evolución del mundo. En el sentido que venimos usando el verbo, la historia no se puede modelar en su conjunto, por más que sea el sistema dinámico por excelencia.

Pero hay una cuarta razón, ésta específica, que dificulta la aplicación de la Teoría del Caos a muchos fenómenos sociales, psicológicos y hasta ecológicos. Como ha sido reiteradamente destacado aquélla estudia evoluciones temporales recurrentes, o sea sistemas en que las trayectorias pasan sistemáticamente cerca de algunos estados: cerca de los atractores en los sistemas disipativos o cerca de "casi todo punto", en los conservativos.

El mismo Poincaré destacaba la importancia de estudiar las órbitas periódicas para conocer el conjunto de la dinámica. Estas órbitas son el prototipo del eterno retorno que generalmente no se da en los sistemas complejos. Por el contrario en ellos el sentido único, lo irreversible es lo característico.

"Hegel dice en alguna parte que todos los grandes hechos y personajes de la historia universal aparecen, como si dijéramos, dos veces. Pero se olvidó de agregar: una vez como tragedia y la otra como farsa. [...] Los hombres hacen su propia historia, pero no la hacen a su libre arbitrio, bajo circunstancias elegidas por ellos mismos, sino bajo aquellas circunstancias con que se encuentran directamente, que existen y les han sido legadas por el pasado. La tradición de todas las generaciones muertas oprime como una pesadilla el cerebro de los vivos."

En el comienzo de *El dieciocho brumario de Luis Bonaparte*, publicado en 1852, Karl Marx[x] destacaba el carácter irreversible de "los grandes hechos y personajes de la historia".

Si bien en estadios de poco desarrollo social y tecnológico se podría hablar de la existencia de estados estacionarios, repetitivos –piénsese en los miles de años en que se han aplicado (¿se aplican?) los mismos métodos de cultivo en los Andes peruanos y bolivianos–, no sucede lo mismo en niveles más avanzados, llegándose a la situación actual en que los cambios se dan en el transcurso de una misma generación. Naturalmente que este proceso de crecimiento apareja todo tipo de incertidumbres (dificultades de adaptación de los procedimientos de enseñanza, modificación de las estructuras sociales más básicas -la familia, por ejemplo-, alienación creciente de amplios sectores de la población que no goza realmente de esos avances y apenas ve los espejitos en la pantalla) que no son objeto de este trabajo.

Yo también opino que estos grandes sistemas no pueden ser analizados con las herramientas actuales de la Teoría del Caos, aunque algunos de sus caracteres nos hagan recordar los sistemas dinámicos modelables.

El caos como metáfora

Esa afirmación tan categórica no invalida el uso metafórico del lenguaje de la Dinámica Caótica. Los modelos que se usan en ciencias tienen aspectos cuantitativos y cualitativos. En los modelos matemáticos, los aspectos cualitativos surgen, en general, de los aspectos cuantitativos. Las metáforas son exclusivamente cualitativas y su uso puede ser particularmente útil en disciplinas en que la aproximación cuantitativa no tiene sentido, o es muy difícil.

Voy a dar algunos ejemplos, para que se me bien entienda, pero antes quiero precisar los alcances de la palabra "metáfora", que no es meramente "llevar después", "trasladar los significados" verdaderos de las palabras a otro figurado en virtud de una comparación tácita, como se deduciría de sus raíces griegas. Como lo sugirió Edgar Alan Poe en “La carta Robada”:

El mundo material [...] está lleno de analogías exactas con el inmaterial, y esto es lo que da un color de verdad al dogma retórico de que una metáfora o una comparación puede fortalecer un argumento del mismo modo que embellece una disertación.” (p. 234)

El místico navarro Pedro Malón de Chaide [xi] escribió en el siglo XVI que

[...] *no es metáfora ni solo estilo de hablar cuando al amado*
le llamamos 'nuestra vida, nuestra alma'.

Tenía mucha razón, porque el "amado" del que habla es el Señor de la religión cristiana al que le adjudicaba el don de vivir y pensar. En nuestro caso, el uso de las palabras caos, sensibilidad respecto de las condiciones iniciales, trayectoria inestable, bifurcaciones, en un contexto distinto al que lo venimos explicando, no puede ser motivo de escándalo. Esas palabras tienen un significado en la lengua castellana y, en general, se las usa bien.

John Robinson Pierce[xii] en su libro “Símbolos, señales y ruidos (Naturaleza y proceso de comunicación)”, decía que

En nuestro lenguaje diario usamos las palabras de modo que resulte conveniente en nuestras ocupaciones diarias. Excepto en el estudio del lenguaje mismo, la ciencia no busca el conocimiento por el estudio de las palabras y sus relaciones [...]

Las palabras usadas en las descripciones científicas están sacadas a menudo de nuestro vocabulario cotidiano; Newton usó fuerza, masa, velocidad y atracción; pero cuando se emplean en ciencia se da a estas palabras un significado estrecho y a menudo nuevo; así, no podemos hablar en términos de Newton de fuerza de las circunstancias, masa media o de la “atracción” de Brigitte Bardot.

Una teoría científica válida, pocas veces ofrece solución a los apremiantes problemas que repetidamente le presentamos; raramente proporciona una respuesta razonable a nuestras numerosas preguntas, pues racionaliza nuestras ideas, las descarta por completo o más bien las deja como están y nos muestra de un modo nuevo y prometedor qué aspectos de nuestra experiencia pueden ser relacionados con provecho y comprendidos con sencillez. [...]

Cuando las partes de nuestra experiencia que pueden ser relacionadas hayan sido seleccionadas y comprendidas tendremos una teoría acerca de ellas. Las leyes de Newton sobre el movimiento forman una parte importante de las teorías físicas: un campo llamado mecánica. Las leyes, por sí mismas, no son el conjunto de la teoría, sino solamente la base de ella, como los axiomas y los postulados de la geometría son las bases de la geometría.

La teoría comprende las hipótesis y las consecuencias lógicas que se deducen necesariamente de aquellas hipótesis a través del trabajo matemático. Naturalmente esas consecuencias deben estar de acuerdo con los complejos fenómenos del mundo que nos rodea, si queremos que la teoría sea una teoría válida y por tanto útil.

Las ideas e hipótesis de una teoría determinan la generalidad de la misma, esto es, la anchura del conjunto de fenómenos a los que es aplicable la teoría. Así, las leyes de Newton sobre el movimiento y la gravitación son muy generales: explican el movimiento de los planetas, las propiedades del péndulo para medir el tiempo y el comportamiento de toda clase de máquinas y mecanismos; pero no explican, sin embargo las ondas radioeléctricas" que son explicadas por las ecuaciones de Maxwell."

Con esa larga cita del libro de Pierce nos hemos salido un tanto del tema, pero volvemos a él. Existe, un manejo de las definiciones y consecuencias de la dinámica caótica que están un tanto alejados de la descripción realizada por los físicos o los matemáticos. El atractivo de muchos de los conceptos y definiciones traídos al redil científico por la Teoría del Caos, ha motivado intentos de aplicarlos, en contextos muy diferentes. Sin dejar de recordar que antropólogos, historiadores, suelen consultarnos sobre "qué es eso del caos", aquí sólo traeré a colación ejemplos que he tenido la oportunidad de mirar con más cuidado, y que son representativos de auténticas corrientes de opinión.

Metáforas y... metáforas

El primero se refiere a la inclusión del lenguaje del Caos en Metodología y Técnicas de Investigación Social. En una publicación catalana (Suplementos *Anthropos* 22, 1990) dedicada a presentar Textos de la Historia Social del Pensamiento, el Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, Jesús Ibáñez, nos explicaba que en:

> *[...] la nueva ciencia del caos o caología desembocan muchos descubrimientos: los procesos no lineales (no hay proporcionalidad entre la causa y el efecto), los objetos fractales (con un número no entero de dimensiones), los atractores extraños (que 'atraen' procesos ni deterministas, ni cíclicos, ni aleatorios), la universalidad (el paso al caos tiene la misma forma en todos los procesos), la nueva termodinámica (que explica como la información viene al mundo), el nuevo concepto de enfermedad (la regularidad es factor de muerte, el caos de salud)... El caos es un dispositivo de creatividad. La creación no es la solución de un problema, sino la problematización de una solución.*

No hay porque ir a España a buscar tamañas confusiones y mezcolanzas. En nuestro país aparecen entusiastas de la caología, que seriamente preocupados por la falta (o pérdida) de fundamentos, buscan en terrenos casi desconocidos (para ellos) lugar donde poner el pie de la teoría... y se hunden.

Un ejemplo típico de confusión relacionado con estos exégetas de la "ciencia del caos" es el que se refiere al descubrimiento de la "flecha del tiempo". Ilya Prigogine[xiii] ha insistido mucho en el asunto: "La dirección del tiempo es un rasgo común a todos los objetos que pertenecen a nuestro universo. Envejecemos todos en la misma dirección, todas las estrellas y galaxias envejecen en la misma dirección. Por lo tanto, fue una extraña paradoja que la dirección del tiempo no estaba incorporada en las leyes básicas de la naturaleza. Sin embargo las herramientas para hacerlo no estaban disponibles en tiempos de Boltzmann[xiv]" Mucha gente que desconoce la importancia de estos conceptos para los físicos que trabajan con los modelos y propiedades de los gases (mecánica estadística) vio en este tipo de afirmaciones una novedad extrema, tratando de discutir la reversibilidad e irreversibilidad del tiempo en cualquier contexto. La flecha del tiempo pasó a ser el paradigma de la "caología". No es menos cierto que el mismo Prigogine se ha encargado de sembrar la confusión, en muchos de sus libros. En el mismo artículo, hace una extraña comparación entre estados de la mente y las siempre presentes novedades de la naturaleza, comparación que expresa muy bien una falsa contradicción entre lo humano y lo natural: “La probabilidad no es más la expresión de un estado mental sino que refleja una propiedad de la naturaleza que hace posible la emergencia de novedades. No es la perdida de la razón sino el comienzo de una nueva racionalidad en que la razón no se identifica más con la certidumbre y la probabilidad con la ignorancia.” Para terminar nuestro comentario de este trozo, observemos que la afirmación de que la probabilidad (el azar) se identifica con la ignorancia, dejó de formar parte del cuerpo de la ciencia seria desde hace más de 100 años, por ejemplo desde los tiempos de H. Poincaré.

En virtud de la cantidad de confusiones existentes sobre muchos de los aportes y dichos de Prigogine he considerado útil dedicar unos minutos a explicar otros aspectos de su pensamiento.

En un libro en homenaje a Jean Piaget[xv] Ilya Prigogine catequiza, en este caso con poco éxito, tratando de extender sus valiosas teorías químicas a la pedagogía y la psicología. Comenta la siguiente frase de un libro de Piaget: “Todo esquema de asimilación tiende a alimentarse, esto es, a incorporar a él los elementos exteriores compatibles con su naturaleza.” Nos dice “que esto constituye para nosotros no un postulado, sino un problema que tiene el atractivo de la novedad. Cómo una estructura que nosotros describimos como condicionada por sus intercambios con el medio, puede ser la sede de procesos ‘comportamentales’ globales tales como, por ejemplo, desplazarse a lo largo de gradientes de concentración de sustancias químicas, de las que se alimentan los diferentes procesos disipativos locales de los que ella es también la sede. “(p. 40-41) Más adelante aparece otro de sus caballitos de batalla al considerar “oportuno proponer la idea que allí donde se habla solamente de ‘estructuras diferenciadas’ y de ‘integración funcional’, conviene utilizar también el concepto de ‘amplificación de fluctuaciones’, que cubre la posibilidad, para una estructura diferenciada, de adoptar en su momento un régimen de funcionamiento diferente, adherido por el azar de fluctuaciones procesuales de las que ella es la sede.” Piaget, que estaba presente en la reunión, respondió con gran altura a las traslaciones excesivas de Prigogine; “se hable o no de perturbaciones y de lagunas para designar [ciertas dificultades que el individuo debe superar], se trata de nuevo de una dialéctica entre contrarios (la excesiva diferenciación amenaza la integración y las interpretaciones demasiado sumarias frenan las diferenciaciones): se trata, pues, una vez más, de analizarlas en términos de equilibraciones incrementales. Prigogine olvida a veces este aspecto” (p. 48) “Estoy... convencido de que existen aproximaciones eventuales con el ‘orden por fluctuaciones’. Sin embargo, repito que nunca salimos de mecanismos generales de auto-organización, que yo llamo ‘equilibración incrementante’ y que, en nuestra especie, consisten en coordinar las diferenciaciones -nuevos posibles- con la integración, y por tanto, en sumergir lo real en una síntesis de lo posible y de lo necesario.” (p. 49)

Las respuestas de Piaget se refieren también al otro punto central, que es la importancia que Prigogine atribuye a sus estructuras disipativas: “Pero si en ello hay un descubrimiento que aproxima la física a la biología, quedan, al menos, dos diferencias entre los sistemas y los organismos: 1) Los organismos se reproducen por multiplicación, y de ahí la herencia de una ‘programación’ que se halla en el punto de partida de mi epigénesis cognoscitiva, pero solamente en el punto de partida y no de una manera suficiente, como parece reprocharme Prigogine. 2) Todo sistema físico está inmerso en sistemas más amplios, mientras que un organismo es aislable y desplazable, y los cambios del medio no sólo no lo destruyen sino que lo enriquecen por las nuevas reequilibraciones que debe realizar.” (p. 49-50) Más adelante, respecto de la primera diferencia dice que “un sujeto bio-cognoscitivo, y por tanto un organismo con sus comportamientos, no puede ser reproducido en laboratorio, a no ser como simulación, ya que deriva siempre por ‘multiplicación’ de organismos anteriores con transmisión hereditaria de un programa, completado desde la epigénesis por las interacciones con el medio, pero innato en un punto de partida, mientras que la ‘multiplicación’ sigue siendo extraña a los hechos físicos.” Y agrega una tercera diferencia: “Los diversos caminos posibles son físicamente exclusivos, en el sentido de que la elección de uno descarta a los otros, mientras que un sujeto cognoscitivo de un determinado nivel puede de hecho, o al menos puede esperar, a título de ‘posible exigible’, reunirlos mediante uniones retroactivas y, finalmente, mediante conexiones inter-sistemas.” (p. 151)

En la misma reunión se encontraba Rolando García (entonces Profesor de Física en la Universidad de Buenos Aires) quien expresó:

En mi opinión, o la epistemología genética es causal o no entiendo nada de epistemología genética. [...] Me parece que la confusión proviene del hecho de que cuando se habla de explicación causal, se suele tener con frecuencia una cierta imagen de lo que representa la explicación causal en física, una imagen que me parece falsa pese a que caracterizó la física del siglo XIX. Hoy sabemos bien que la física no es axiomatizable en su conjunto. También sabemos que no existe una teoría física aplicable a todos los dominios, existen únicamente teorías físicas aplicables en algunos dominios y ante determinada escala de fenómenos.

Consideremos por ejemplo, un fenómeno natural puramente físico. Por deformación profesional, hablo siempre de la atmósfera, pero lo hago también porque es la parte de la naturaleza más cambiante de cuantas existen a nuestro alrededor y en la que pueden observarse las sucesivas estructuraciones durante una evolución, a diversas escalas de tiempo, desde los más cortos períodos de tiempo, minutos u horas, hasta los más largos, milenios. Cuando se habla del ‘movimiento de la atmósfera’ se opera una selección de datos a los que se llama ‘hechos’. Los hechos no son los de la atmósfera: se trata de una selección que se hace, en un conjunto espacial y temporal dado, en el que se seleccionan, por abstracción, ciertos parámetros que corresponden a una determinada escala temporal y espacial. A continuación se aplican las ecuaciones de la mecánica y de la termodinámica apropiadas a esta escala, pese a que éstas no son aplicables a cualquier tipo de escala. Se da el caso que determinados fenómenos, o más exactamente, fenómenos de ciertas dimensiones, pueden ser explicados de una manera causal. Esto quiere decir que se establecen cadenas temporales de sucesos unidos entre sí a partir de los cuales se pueden hacer determinadas predicciones. Ahora bien, incluso algunos fenómenos de esta escala se hacen imprevisibles si se continúa en el tiempo. ¿Por qué? Porque existen siempre perturbaciones que corresponden a movimientos de una escala inferior y que se interaccionan con los movimientos considerados hasta el momento en el que las interacciones se hacen de una tal magnitud, dentro de la escala considerada, que las predicciones ya no son válidas.

Por supuesto siempre podemos seleccionar la escala y, durante un cierto tiempo, la evolución sigue siendo más o menos previsible. En ese caso tenemos un sistema explicativo. Pero no existe sistema explicativo alguno que tenga en cuenta todas las escalas, todas las perturbaciones. [...] Se trata de diferenciar determinación y predicción. Esta diferenciación está unida a su vez a eso que se entiende por perturbación o fluctuación. En el caso del ejemplo físico que he dado, una perturbación es un determinado movimiento de una escala inferior, en relación a la escala seleccionada, movimiento que no se puede considerar en el sistema explicativo utilizado, pero que puede llegar a ser, tras las interacciones, tan importante como para ser responsable de una modificación de la situación que a su vez puede *llegar a necesitar nuevas estructuraciones y reestructuraciones dentro de la escala inicialmente considerada. En el caso de sistemas del tipo de los que he mencionado, el estudio de la evolución debe centrarse, por tanto, en los problemas relativos a las posibles estructuraciones del sistema y a su estabilidad en relación con las perturbaciones.”* (p. 144-146)

Caos y psicología

Desde otro enfoque, los reflejos de la Teoría del Caos aparecen en el psicoanálisis. Muchos trabajos se han escrito últimamente sobre el asunto. He leído reveladores artículos en Journal of the American Psychoanalytic Association y The International Review of Psycho-Analysis. Algunos títulos son significativos: "Deterministic Chaos and the Sciences of Complexity: Psychoanalysis in the Midst of a General Scientific Revolution" (Vonn Spruiell), "Chaos Theory and Psychoanalysis. The Fluidic Nature of the Mind" (Michael G. Moran). En ellos se encuentran diversas analogías entre el comportamiento de los sistemas dinámicos caóticos y los estados mentales.

Por ejemplo, Moran (Int. Rev. Psycho-Anal, 18, 211 - 221; 1991) compara los atractores extraños de los sistemas disipativos con

la colección fija de las fantasías inconscientes del paciente, su historia inconsciente (o colección de historias) sobre sí mismo. [...] Desde un punto de vista psicoanalítico, el significado teleológico de la función del atractor extraño sería la mayor capacidad del individuo de defenderse de la autopercepción de ese mismo conjunto inconsciente de fantasías.

En general, estos ensayistas concluyen que si se mejorara la comprensión de estas similitudes, la Teoría del Caos se podría aplicar al tratamiento psicoanalítico.

Las semejanzas existentes entre dos o más cosas hace surgir el uso metafórico de una denominación. Nadie pensó nunca que la "garra charrúa" era la parte inferior de alguna especie de gato montés. Porque todos los objetos de la naturaleza son pasibles de comparación y por tanto objeto de la metáfora. Es bien conocido el uso metafórico del lenguaje arqueológico que hiciera Sigmund Freud (y muchos de sus seguidores, como Jung[xvi], por ejemplo), para explicar su concepción de la psique. Así, en las "Palabras Preliminares" al “Fragmento de análisis de un caso de histeria”, conocido como el "Caso Dora", Freud escribió

En vista del carácter incompleto de mis resultados analíticos, no me queda otra opción que seguir el ejemplo de aquellos exploradores que, tras largas excavaciones, tienen la dicha de sacar a luz los inapreciables aunque mutilados restos de la antigüedad. Recuperé lo que estaba faltando de acuerdo con los mejores modelos que me eran familiares por otros análisis, pero, tal como haría un arqueólogo concienzudo, en ningún caso he omitido señalar dónde terminan las partes auténticas y comienzan mis construcciones.

Claro que hay quienes llevan este tropo (empleo de las palabras con sentido diferente al que usualmente tienen) a límites extravagantes, fruto de ingenios excesivos como el de Luis de Góngora [xvii] que llamaba a las estrellas "gallinas de los campos celestiales" y al Sol "el gran Duque de las Bujías". Por ello "evítanse tan grandes extravíos procurando que la metáfora guarde relación estrecha [con] las palabras figuradas que la componen" (Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano: Montaner y Simón- W. M. Jackson).

Todos estos largos circunloquios sobre la palabra metáfora casi nos permiten concluir directamente lo que deseamos: el uso metafórico de diversas expresiones de la Teoría del Caos es elogiable y debe ser promovido. En general, hasta ahora, en las ciencias sociales y médicas, principalmente, y en menor medida, en biología, las metáforas han tomado el significado usual -no el matemático- de las palabras revalorizadas por la Teoría del Caos.

Existe un terreno amplio y aparentemente provechoso para ese uso metafórico. Es importante que físicos y matemáticos colaboremos en ensanchar ese terreno, fecundándolo a través de la relación con otras ciencias y del intercambio con sus protagonistas. Pero, pretender aplicar las conclusiones y el carácter predictivo de la teoría matemática a esas ramas del saber parece ser, hoy por hoy, un exceso desaconsejable. Para que la metáfora se transforme en modelo debe haber una relación más estrecha entre las palabras y sus contenidos científicos. Por ahora eso no sucede. En esto, dejarse llevar por la novelería, las semejanzas superficiales o el apresuramiento en encontrar nuevos paradigmas, puede resultar catastrófico, aunque desde el punto de vista de la moda o la estética sea atrayente. Porque, si bien estos últimos aspectos actúan sobre la valoración y el financiamiento de la ciencia, pueden durar períodos cortos que son suficientes para que se llene de muchedumbres interesadas no en las ideas científicas sino en el éxito o el dinero. Proliferan las revistas dedicadas al asunto, diversas fundaciones le dedican espacio, financiación, especialmente para los resultados "novedosos", "alternativos", etc.

En las ciencias sociales, en general, es difícil hacer buenos modelos cuantitativos y, aunque el estudio de ciertas regularidades es factible con alguna facilidad usando técnicas estadísticas –y mucho olfato del hecho sociológico o político estudiado–, las dificultades con fenómenos inestables, son inmensas. En la terapéutica psicoanalítica, en particular, lo que más interesa es cada sujeto, y la Teoría del Caos prácticamente no dice nada de las trayectorias individuales.

Es por ello que parece más adecuado decir que en algunas de esas disciplinas el impacto de la Teoría del Caos queda más al nivel de la divulgación y el ensayo científico, que de la ciencia misma. De esa manera se atisbaba sobre el caos en meteorología, en tiempos que sobre el azar escribía Poincaré.

Concluyendo

Hace algunos siglos las elaboraciones científicas más cuidadosas eran obra de "filósofos": Descartes y Leibniz[xviii], por ejemplo, eran considerados filósofos naturales más que investigadores. Algunas de las cuestiones tratadas nos acercan a aquel plan globalizador. Debo reconocer que no lo he evitado, a pesar de referirme permanentemente a la precisión matemática de los conceptos y del lenguaje.

El hombre analiza abstractamente el Universo cuando crea teorías científicas. El punto no existe como objeto material, los fenómenos no son aislables, la velocidad de la luz no se puede percibir. Pero es trabajando de esa manera que la humanidad ha conocido lo real y ha controlado a la Naturaleza, adaptándola y adaptándose a lo que ella ofrece.

En este sentido, las teorías científicas muchas veces tratan de dar una descripción matemática de trozos de la realidad. Esto se ha logrado en general en la física (y la astronomía), en ramas de la química y la biología. Resulta más difícil en otras disciplinas científicas, naturales y sociales. A este tipo de trabajo científico me he referido principalmente, al trabajo de los que caminamos "como" si pensáramos, o dormitamos sobre una hoja de papel o delante de la pantalla de una computadora.

Es que el descubrimiento y la formalización de la Teoría del Caos fue y es esencialmente trabajo de matemática. Quizá no sólo de matemáticos: muchos de los grandes nombres que han deambulado por estas notas fueron o son meteorólogos, astrónomos, físicos. El propio Robert M. May, que introdujo fructíferamente los estudios de caos en biología y dinámica de poblaciones, comenta, refiriéndose a cómo se observó la dinámica caótica en ciertos tipos de ecuaciones:

"La causa fue la presencia 'sobre el terreno' de investigadores poseedores de una sólida cultura matemática que examinaron estas ecuaciones en su contexto práctico."

Es la abstracción lo que mueve a la matemática, lo que le da simplicidad y generalidad. Son estos rasgos los que permitieron percibir el orden de muchos fenómenos desordenados, y hacer surgir la Teoría del Caos.

En este sentido, esta rama de la matemática es de las que más confluencia tiene con otras disciplinas científicas porque se nutre de los intentos de comprensión de diversos fenómenos muy complicados, cambiando las perspectivas de esos intentos, con su enfoque abstracto y globalizador. Como bien observa Ian Stewart, la historia del caos está llena de hombres provenientes de diversos otros campos, que son de los verdaderos "matemáticos aplicados", haciendo exactamente lo que dice la expresión: "agarran la matemática... y la aplican".

David Ruelle, en el epílogo a su libro “Azar y Caos” escribió:

> *Los matemáticos, como los físicos, son empujados por una fascinación poderosa. La investigación matemática es dura; intelectualmente penosa y gratificante, a la vez; y uno no se entrega a ella sin una fuerte motivación interior.*
>
> *¿Cuál es el origen de esta pulsión, de esta fascinación que sirve de motor a la actividad de los físicos, de los matemáticos, y sin duda, también de los investigadores en otros campos de la ciencia? El psicoanálisis sugiere que es la curiosidad sexual. Usted comienza por preguntarse de dónde vienen los bebés y luego, de una cosa en otra, se encontrará preparando nitroglicerina o resolviendo ecuaciones diferenciales. La explicación es un poco irritante, lo que sin duda indica que es esencialmente correcta. Pero si la curiosidad sexual está en el origen de la ciencia, pronto otro factor fundamental se le agrega: el hecho que el mundo es comprensible. Si se aborda la ciencia desde el ángulo puramente psicológico (ya sea psicoanalítico o neurocientífico), se permanece ciego a la comprensibilidad de la matemática así como a la 'irracional eficacia de la matemática en las ciencias naturales'. Algunos especialistas de las ciencias blandas parecen compartir este enceguecimiento. Pero, en su conjunto, los matemáticos y los físicos estiman que tratan con una realidad exterior con sus propias leyes, una realidad que trasciende las reglas de la psicología, una realidad extraña, fascinante y, en cierto sentido, también bella.*

RESUMEN

¿Bajo qué términos es posible una relación entre matemática y psicología? Este trabajo es una reformulación de la conferencia dictada por su autor en el acto de apertura de la Escuela Internacional de Verano, UDELAR, 2015. En ella se ofrecen disquisiciones, en su doble acepción de divagación o digresión, sobre los objetos del título, Se aborda la importancia del descubrimiento y formalización de la Teoría del Caos, rama de la matemática que presenta confluencias con otras disciplinas científicas. Ello debido a que se nutre de los intentos de comprensión de diversos fenómenos muy complicados, cambiando las perspectivas de esos intentos, con su enfoque abstracto y globalizador. Con este punto de partida, se trabajan las formalizaciones del caso Dora por Sigmund Freud, la lógica del cerebro, y los aportes del psicoanálisis. La abstracción, motor de la matemática, le otorga a esta disciplina simplicidad y generalidad, rasgos que permiten percibir el orden de fenómenos desordenados.

Palabras clave: Teoría del caos, psicoanálisis, cerebro, metáfora

ABSTRACT

Under what terms is a relationship between mathematics and psychology possible? This work is a reformulation of the conference given by the author in the opening ceremony at the International Summer School (Escuela Internacional de Verano), UDELAR, 2015, where comments and analyses, in the double meaning of wanderings or digressions on the objects of the title, were offered. The importance of the discovery and formalization of the Theory of Chaos, the branch of mathematics which shows the convergences with other scientific disciplines, is examined because it feeds on the attempts made to understand diverse, very complicated phenomena, changing the perspective of these attempts with its abstract and globalizing approach. Using this as a starting point, work is carried out on the formalizations of the Dora case studied by Sigmund Freud, the logic of the brain, and the contribution of psychoanalysis. Abstraction, the engine that fuels math, confers simplicity and generality to this discipline, traits that allow for the perception of order in disordered phenomena.

Key words: Theory of chaos, psychoanalysis, brain, metaphor

---

[i] **E.C. Titchmarsh: *Esquema de la matemática actual*, Fondo de Cultura Económica, México, 1956** (traducción de *Mathematics for the general public*, 1948)

[ii] Pierre Fermat vivió entre 1601 y 1665. Fue también abogado y magistrado en Toulouse, e hizo aportes en física (óptica) y geometría. En 1637 escribió en su copia de un libro de Diofanto de Alejandría (s. III): “He descubierto una prueba verdaderamente extraordinaria de este teorema, que no cabe en el pequeño margen de este libro”. Se trataba de la imposibilidad de resolver con números enteros x, y, z diferentes de cero, la igualdad $x^h + y^h = z^h$, para n>2. Una prueba de este resultado fue dada hace pocos años, utilizando complicadas herramientas matemáticas. Andrew J. Wyles, matemático británico que trabaja ahora en Princeton, cuyo nombre es el más directamente vinculado a estas pruebas expresó: “Estoy en vehemente desacuerdo con la idea de que se están agotando los teoremas importantes. Pienso que no hemos arañado más que la superficie.”

[iii] Mizraji, Eduardo: *El segundo secreto de la vida*, Editorial Trilce, Montevideo, 1999.

[iv] Dubós, René: *Pasteur y la ciencia moderna*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1962. Louis Pasteur, el del Hospital de La Unión, que vivió no en la calle Larravide, sino en Francia , y nos salvó de la rabia, el carbunco, iniciando la era de las vacunas, nació en Döle (Jura) el 27 de diciembre de 1822 y murió en medio de los máximos honores en Paris, 1895. J. Meister, primera

persona salvada de la rabia por vacunación, en 1885, se suicidó en 1940 para no tener que abrir la cripta mortuoria de Pasteur a los invasores nazis.

[v] Poincaré, Henri: *Ciencia y Método,* Espasa - Calpe Argentina, Buenos Aires, 1944. Libro Primero. Capítulo II. El porvenir de las matemáticas (p. 34).

[vi] Es de destacar el trabajo seminal de Norman Wiener.: *Cibernética. Control y comunicación en el animal y la máquina*. Hermann, Paris, 1948, una de cuyas tesis centrales es que pueden existir leyes generales concernientes a las regulaciones aplicables por igual a seres vivos y artefactos humanos.

[vii] Hersh, Reuben: *What is Mathematics Really.* Oxford University Press, 1997. Deahaene, Stanislas: *The Numbers Sense: How the mind creates mathematics.* Oxford University Press, New York, 1997. Chaltin, Gegory J.: *The limits of mathematics* .Springer, Berlín, 1997. Butterworth, Brian: *The Mathematical Brain*, Macmillan Publishers, London, 1999.

[viii] Matemático y físico teórico, nacido en Gantes, Bélgica, en 1935, uno de los pilares actuales de la vinculación entre ambas ciencias, gusta de caminar y andar por las montañas, y habla castellano.

[ix] Ruelle, David: *Mathematical Platonism reconsidered*. Johann Bernoulli Lecture, Gröningen, 20 April 1999.

[x] Karl Marx (Tréveris, Colonia, 1818 - Londres, 1883) Economista, filósofo, historiador, político ... Escribió "El Capital" y varios Manifiestos. Algunos de ellos son considerados piezas claves en el análisis y combate al régimen económico - social vigente.

[xi] Pedro Malón de Chaide (Navarra, circa 1530 - 1589?) Poeta y escritor místico, considerado el metafísico del amor divino. Autor del "Tratado de la conversión de la Magdalena, en que se ponen los tres estados que tuvo de pecado, de penitencia y de gracia.

[xii] John Robinson Pierce (1910 - 2002) Ingeniero estadounidense. uno de los grandes creadores de la comunicación por satélite.

[xiii] Ilya Prigogine (Rusia 1917, Bégica 2003) trabajó en Bruselas y Texas, fue Premio Nobel de Química en 1977 por sus investigaciones de los procesos irreversibles, especialmente en situaciones muy alejadas del equilibrio. En su Autobiografía, con motivo del Premio, nos revela muchas cosas sobre su personalidad y opiniones: "En su memorable serie *Études sur le temps humaines*, Georges Poulet dedica uno de los volúmenes a la *Mesure de l'instant*. Allí propuso una clasificación de los autores de acuerdo a la importancia que le dan al pasado, el presente y el futuro. Creo que en tal tipología mi posición sería extrema, pues yo vivo mayoritariamente en el futuro. Por lo que no es una tarea fácil escribir un informe autobiográfico, al cual me gustaría darle un enfoque personal."

[xiv] El modelo mecánico de los gases, que permitió explicar sus principales propiedades, fue obra en primer lugar de Boltzmann a fines del siglo XIX.

[xv] *Epistemología Genética y equilibración (Homenaje a Jean Piaget con motivo de sus 80 años, Ginebra, julio 1976)* Jean Piaget, Bärbel Inhelder, Rolando García, J. Vonèche, editores. Editorial Fundamentos, Madrid 1981. Jean Piaget (Suiza 1896-1980) sicólogo y filósofo de inmensa influencia en pedagogía, en virtud de sus aportes a la fundamentación sicológica del conocimiento, en particular del conocimiento científico, y a la diferenciación de los estadios infantil y adulto de la mentalidad.

[xvi] Sigmund Freud (Viena 1856- Londres 1939) Neurólogo. Interpretando sueños, profundizó en el conocimiento del inconsciente y fundó el psicoanálisis. Carl Gustav Jung (1875-1961) Siquiatra suizo que profundizó en la diferenciación entre el inconsciente personal y el colectivo.

[xvii] Luis de Góngora y Argote (Córdoba, España, 1521-1627) Poeta español famoso tanto por sus poesías burlescas y romances cuanto por sus grandes poemas (“Fábula de Polifemo y Galatea”, “Soledades”) que fueron considerados de extrema oscuridad.

[xviii] René Descartes (1596-1650) Filósofo francés que jerarquizó la racionalidad como método científico y filosófico, el pensamiento como criterio de existencia, y creó la geometría analítica. Gottfried W. Leibniz (1646-1716) Filósofo y matemático alemán. Con independencia de Newton creó el cálculo infinitesimal. Entre otros aportes a la lógica intentó crear un lenguaje universal.