

UN ENCUENTRO INNEGABLEMENTE INTERDISCIPLINAR

José Luis Muñiz Gutiérrez
CIEMAT - Real Sociedad Española de Física

Con el título de “Aplicaciones de la Teoría del Caos en Medicina y Neurociencia” tuvieron lugar el miércoles 11 y jueves 12 de noviembre de 2009 unas jornadas en el Aula Gregorio Marañón del Colegio de Médicos de Madrid. Estas charlas, de carácter divulgativo, se encontraban dentro del programa de la IX Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid. Fueron impartidas por especialistas médicos (Neurofisiología y Medicina Interna), físicos (Ciencias de la Vida y Física Médica), matemáticos, psicólogos (neuropsicólogos) y filósofos de la Ciencia para resaltar el carácter multidisciplinar del encuentro, pero sin olvidar que estaban dirigidas al público en general.

Se trataron desde conceptos básicos de Ciencias de la Vida hasta apuestas y necesidades tecnológicas más concretas basadas en los modelos físico-matemáticos para el análisis de diversos registros fisiológicos que se obtienen en la clínica. En efecto, se podrían clasificar las ponencias en grupos diferenciados, pero todas tenían como denominador común la materia de Caos y Complejidad.

Al ser este un tema genuinamente multidisciplinar y fronterizo consideramos ociosa una ordenación excesivamente categórica, porque precisamente la discusión interesante aparece en los límites entre las diferentes especialidades. Se insistió, en la medida en que fue posible, en la patología y el cambio de paradigma que supone el Caos para la Medicina. De hecho, al tener lugar en la sala Gregorio Marañón se tomó por lema su famosa frase, que el Doctor Fariñas, primer ponente y director de las jornadas, se encargó de remarcar ya desde la presentación de las jornadas: *La verdadera grandeza de la ciencia acaba valorándose por su utilidad.*

El objetivo de las jornadas, entre otros, estaba en mostrar cómo la “Aplicación de la Teoría del Caos en Medicina y Neurociencia” es fértil y beneficiará tanto en la comprensión y diagnóstico de las enfermedades como en nuevas estrategias para tratarlas de un modo más eficaz.

La primera de las charlas corrió a cargo del Dr. Fariñas, médico neurofisiólogo que actualmente ejerce en el Hospital de Talavera de la Reina (Toledo) y que presentó la charla titulada *Caos, Evolución y Ubicuidad*. He seleccionado una serie de citas que muy bien podrían describir los temas desarrollados en estas charlas. La primera de ellas se debe a Leon O. Chua de la Universidad de California y en ella se encuentran reunidos varios de los términos que aparecieron insistentemente a lo largo de las dos jornadas. Hemos preferido resaltarlos en *cursiva*:

1. Nunca en los anales de la ciencia y la ingeniería ha habido un fenómeno tan *ubicuo*, un *paradigma* tan *universal*, o una disciplina tan *multidisciplinar*, como la del *caos*. El *caos* representa sólo la punta del iceberg, debajo del que reside una estructura mucho más fina de inmensa *complejidad*, un laberinto geométrico de inacabables *convoluciones* y un paisaje surrealista de encantadora belleza. El *sillar* en el que se anclan los terrenos de la *bifurcación* es la omnipresente *no-linealidad*, que fue gratuitamente linealizada por los ingenieros y científicos aplicados de antaño, perdiendo por tanto su única posibilidad de enfrentarse con la *realidad*. [Leon O. Chua, International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 1, nº 1 (1991) 1–2].
2. La naturaleza exhibe no sólo un nivel más alto sino completamente diverso de *complejidad*. El número de distintas escalas de longitud de los *patrones naturales* es para todos los *propósitos prácticos* infinito. [Benoit B. Mandelbrot, The Fractal Geometry of Nature (1982)].

3. Es más realista, por lo menos no tan impreciso, hablar de *comportamiento complejo* en lugar de referirnos a *sistemas complejos*. El estudio de este tipo de comportamiento esperamos que nos permita descubrir algunas características de distintas clases de sistemas y nos conduzca a una comprensión adecuada de lo complejo. (Ilya Prigogine).
4. Se pueden asignar sistemas finitos de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales para representar el flujo hidrodinámico disipativo forzado. Las soluciones de esas ecuaciones pueden ser identificadas con trayectorias en el espacio de fases. Para esos sistemas, con soluciones acotadas, se encuentra que las *soluciones no periódicas* son ordinariamente inestables con respecto a pequeñas perturbaciones, así que *estados iniciales ligeramente diferentes pueden evolucionar en estados considerablemente diferentes*. [Edward N. Lorenz, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 20, nº 2 (1963) 130–141].
5. La naturaleza de la identidad del yo cognitivo (...) es, igual que la del yo celular básico, una *naturaleza emergente a través de un proceso distribuido*. Las propiedades emergentes de una red interneuronal son, sin embargo, bastante diferentes en sus propiedades y posiblemente sean muchísimo más ricas en posibilidades. [Francisco J. Varela, Autopoiesis y una Biología de la Intencionalidad (1991)].
6. La *predicción* es difícil, especialmente del futuro. (Niels Bohr)

El Dr. Fariñas nos mostró cómo caos y complejidad son ubicuos en nuestro mundo haciendo un recorrido por la evolución del Universo desde el Big Bang. Una de las características más notables de los sistemas caóticos es su extremada sensibilidad a las condiciones iniciales del sistema, haciendo imposible la predicción a largo plazo, ya que las más pequeñas diferencias en la descripción del estado inicial, pueden llevarlo a estados muy distintos con el paso del tiempo. Desde luego no puede existir una descripción perfecta de un estado. Fariñas recordó conceptos como:

- Atractor extraño
- Caos determinista
- Estudio cualitativo del comportamiento
- Dinámica aperiódica
- Determinista
- No lineal
- Impredecible
- Caos vs. Sistemas complicados
- Estimadores de la dinámica caótica
- Tipos de complejidad (estructural, algorítmica...)
- Emergencia
- Aparición de nuevas propiedades
- Todo > Suma de las partes
- Interacción
- Complejidad modular \equiv Sillares complejos
- Boccara
- Oparin
- ¿Experimento de Miller?

A continuación, en la segunda charla, *Historia de la Teoría del Caos contada para escépticos*, el Dr. Carlos Madrid (matemático y filósofo de la Ciencia), sacó a la luz las notables diferencias entre el paradigma newtoniano/euclídeo y el nuevo paradigma de la Teoría del Caos/Geometría Fractal, presentando a Michael Barnsley como un segundo Newton. Precisamente, suya es la cita que proponemos:

“In the Mandelbrot set, nature (or is it mathematics?) provides us with a powerful visual counterpart of the musical idea of ‘theme and variation’: The same shapes are repeated everywhere, yet each repetition is somewhat different. It would have been impossible to discover this property of iteration if we had been reduced to hand calculation, and I think that no one would have been sufficiently bright or ingenious to ‘invent’ this rich and complicated theme and variations. It leaves us no way to become bored, because new things appear all the time, and no way to become lost, because familiar things come back time and time again. Because this constant novelty, this set is not truly fractal by most definitions; we may call it a borderline fractal, a limit fractal that contains many fractals. Compared to actual fractals, its structures are more numerous, its harmonies are richer, and its unexpectedness is more unexpected.”

En *Matemáticas, Caos y Medicina: Un mènage à trois muy productivo*, el Dr. José Carlos Antoranz (físico) apostó por una Medicina como Ciencia Multidisciplinar, en que las Matemáticas del Caos van a permitir clasificar, fijar conceptos y generar modelos, más que predecir con exactitud.

Posteriormente, el Prof. Dr. Miguel Ángel F. Sanjuán (físico) presentó *Caos y Complejidad en Ciencias de la Vida*. El profesor Sanjuán abogó por la Interdisciplinariedad como motor para las investigaciones en el campo de las Ciencias de la Vida. Hizo alusión al reduccionismo de la Física mencionando a Philip Anderson, aunque reclamó que siempre hay que buscar la simplicidad en la complejidad.

La charla del Dr. Manuel Varela (médico), *Salud y Enfermedad: una perspectiva compleja*, se caracterizó especialmente por una visión crítica de la Medicina desde la propia Medicina. En primer lugar, criticó el concepto mismo de la Homeostasis. El cuerpo reacciona siempre para reorganizarse y mantenerse en orden. Así mismo, criticó la concepción de la enfermedad como consecuencia, en vez de causa, de una lesión. Ampliando las ideas del Dr. Varela, la Dra. Krista Lundelin (médico) presentó su investigación doctoral: *Análisis de la Complejidad del perfil térmico y del perfil glucémico*.

Tras *Métodos no lineales de análisis de datos biomédicos* del Dr. Kostadin Koroutchev (físico), el Dr. Fariñas presentó *n-MAVEC: Neuromonitor Avanzado para la Vigilancia de Episodios Críticos: Algorítmica No-Lineal y Fractal aplicadas a la Neurofisiología*. Se trata de un dispositivo en el que se ponen en juego los conceptos derivados de la dinámica no lineal para la vigilancia de episodios críticos en la UCI, pero que será de especial utilidad en aquellos casos en que no hay evidencias visibles de que se estén produciendo crisis (ya sea por la ausencia de convulsiones o porque la propia condición del enfermo las oculte, si está profundamente sedado o inmovilizado).

Para ello se hará que entren en juego simultáneamente diferentes algoritmos de análisis y que de algún modo sea puesto en marcha un filtro de decisión basado en lógica borrosa (*fuzzy*). En este caso, la utilidad para patologías como la epilepsia está clara y, de hecho, la idea ha surgido directamente de la experiencia del ponente en neurofisiología clínica. Después, intervinieron dos psicólogos: el Prof. Dr. Javier González Marqués, con *El paradigma de la Teoría del Caos en Neurociencia y Psicología*; y el Dr. Carlos Pelta, con *Juegos Metamiméticos: Caos y Cooperación*.

Finalmente, el Prof. Dr. Francisco del Pozo (ingeniero) intervino con *Sincronización de Redes Neuronales del Cerebro*. En esta charla el Prof. Del Pozo presentó al nuevo Centro de Tecnología Biomédica (CTB) de la Universidad Politécnica/Universidad Complutense de Madrid, que entre otras instalaciones estará dotado de un sistema de Magnetoencefalografía (MEG). El tema principal de la charla se centró en la importancia de los cambios en redes funcionales. El estudio de sistemas compuestos de multitud de subsistemas interaccionantes acoplados requiere del desarrollo de herramientas de análisis para el manejo conjunto de series temporales asociadas a diferentes registros. Ejemplos claros son la MEG y la EEG (Electroencefalografía), donde se manejan simultáneamente decenas de series.

Del Pozo mencionó explícitamente la aplicación de criterios de causalidad de Granger, que reciben este nombre porque fueron desarrollados por el Premio Nobel de Economía del año 2003 (Clive Granger), con la finalidad de comprobar si los resultados de una variable sirven para predecir a

otra variable, si se tiene un carácter unidireccional o bidireccional en las relaciones causales. Se trata de encontrar conexiones entre los múltiples registros que simultáneamente son adquiridos, entre otras especialidades, por la neurofisiología, aprovechando los avances en teoría de la información y dinámica no lineal que permiten el estudio de varios tipos de sincronización entre series temporales. En referencia a la patología, hizo referencia a los criterios de Petersen, usados para el diagnóstico del Deterioro Cognitivo Leve (DCL), para muchos la antesala de la Enfermedad de Alzheimer. Del Pozó apuntó que existen distintos fenómenos de sincronización en el DCL.

Por último, dentro de la mesa redonda que sirvió de cierre al encuentro, y donde se contó con la presencia del Prof. Dr. Antonio Fernández Rañada (físico – Presidente de la RSEF), se abordó, a propósito del concepto de caos, una polémica pregunta metodológica: ¿estamos todos (médicos, físicos, matemáticos y psicólogos) hablando de lo mismo o de algo parecido?

En suma, un encuentro innegablemente interdisciplinar. Tal vez se echara en falta la presencia de algún ponente especializado directamente en la Biología, aunque en futuras ediciones se solventará invitando a expertos en Bioquímica y Biología Molecular. Porque el Prof. Fernández Rañada aceptó, en nombre de la RSEF, darle continuidad a la propuesta. La organización de la próxima edición correrá a cargo, precisamente, de la RSEF. Porque todos los que asistimos al encuentro salimos completamente convencidos de que se debe proseguir alternando medios académicos y hospitalarios.