

Prof. Dr. Mario Orrego

La Sociedad de Psiquiatría del Uruguay rinde honor a uno de los Maestros de la Medicina uruguaya a través del comentario de la obra académica editada.

Pero... ¿cuál fue el último tema recurrente del interés científico de Daniel Murguía?

Se encontraba fascinado estudiando hacia el final de la vida una teoría revolucionaria en ciencia, sobre causalidad no lineal en los sistemas dinámicos complejos, que sobrepasa las corrientes de ideas dominantes de época que acompañaron su existencia, y la mayor parte de su desempeño en actividad clínica e intelectual.

La Teoría del Caos tiene orígenes remotos, toda vez que intentaron elaborar un pronóstico u organizarse después de un revés, al darse cuenta de que a veces en la realidad pequeñas causas tienen inesperadamente grandes efectos, en registros vivenciales de incertidumbre y sorpresa de protagonistas circunstanciales prehistóricos

Se trata de un conocimiento antiguo, epistemológicamente excluido del marco de referencia científico hasta hace poco tiempo, identificado por matemáticos y físicos durante siglos como fenómenos completamente aleatorios e impredecibles, y asociado lingüísticamente al significado etimológico de desorden.

¿Cuál es la explicación de la demora en el desarrollo del estudio de los fenómenos caóticos si siempre fueron relativamente obvios?

Los motivos son contextuales, ideológicos y operativos. Su consideración no era pertinente en un mundo dedicado exclusivamente al estudio de los sistemas lineales, predecibles y ordenados, fáciles de comprender por el constructo restringido de la estructura lógica lineal, organizada idealmente en el substratum, y representante de la etapa evolutiva cognitiva newtoniana en la era contemporánea. El estudio para su comprensión requería la realización de cálculos recursivos de magnitud

millonaria que implicaban períodos fuera de escala humana, con extensión a la totalidad de la duración de una vida promedio; el progreso se posibilita desde la introducción de los ordenadores, instrumental operativo disponible con la capacidad suficiente de cálculo, y de la provisión de programas informáticos de representación gráfica compleja.

A partir de los desarrollos actuales la noción de Caos está siendo redefinida científicamente, y lo extraordinario es que sus fenómenos que eran en apariencia impredecibles, desordenados y aleatorios, se han vuelto “de otra manera” (no lineal) predecibles, ordenados y, también, deterministas.

¿En dónde reside la importancia del tema?

La no linealidad aporta un enfoque alternativo para el estudio de los sistemas dinámicos complejos del mundo y de la propia naturaleza en la que vivimos, en el momento o período en que dejan de ser lineales. Los fenómenos caóticos son inherentes a estados de transición, con oscilaciones irregulares, en diversos eventos de la física (turbulencia en fluidos^{1, 2}), química (ciertas reacciones³), estadística (epidemias y reproducción poblacional⁴), y en lo que concierne a la medicina, en la aparición y desaparición de variaciones funcionales en estado de salud (fisiológicos) y de enfermedad (fisiopatológicos)⁵; en cualquier caso deben ser abordados con criterios y métodos no lineales.

¿Qué se sabe acerca del pensamiento final y la obra inconclusa de Daniel Murguía sobre esta teoría?

Se conoce la existencia de un manuscrito suyo, ilegible, de ocho hojas acerca del tema, realizado antes de la internación médica de marzo 2003, y lamentablemente extraviado.

Los rastros se recolectan en algunas notas, subrayados y material bibliográfico que cultu-

ralmente legó, y en enunciados de transmisión oral registrados en la memoria de allegados, técnicos y profesionales, que simplemente escuchaban su discurso espontáneo al respecto, o respuestas de orientación en la explicación de fenómenos patológicos y terapéuticos enigmáticos por los que era consultado. Adviértase la vitalidad y lucidez remanentes, porque siendo anciano, sin perspectiva de tiempo suficiente, y limitado por la restricción de discernimiento histórico de época, se encontraba trabajando intelectualmente en ideas de vanguardia que contrastaban aportes profesionales de su vida. Fue más allá de sí, abriendo camino para la introducción de nuevas ideas en el porvenir de la Institución Psiquiátrica cuando fraseaba: “Nosotros tendemos a pensar en términos lineales... hay fenómenos clínicos turbulentos cuya causalidad intrínseca se nos escapa”.

El tema ya había sido motivo de consideración por otro académico uruguayo, el Profesor Héctor Mazzella, en conferencia del 25 de setiembre de 1997, y publicación posterior en el Boletín de la Academia Nacional de Medicina del Uruguay⁵.

La letra cursiva objetiva el proceso de pensamiento del Profesor Daniel Murguía cuando dicta⁶ el 21/5/2003, a escasos nueve días de su desaparición física, un inventario de conceptos sucesivos provenientes de la revisión de esa lectura⁷.

Vamos a recorrer los pasos de ese momento, tal cual fueron señalados por asteriscos, a saber:

- CAUSA Y EFECTO
- DETERMINISMO
- AZAR
- PREDECIBLE
- ALEATORIO
- PROBABILÍSTICO O NO, Y EL AZAR

Luego, en una separata:

EL CAOS DETERMINÍSTICO ES EL COMPORTAMIENTO DE CAMBIO, APARENTEMENTE AL AZAR, QUE PUEDE APARECER EN LOS SISTEMAS NO LINEALES.

Y luego en otra separata:

MAGNITUD DEL ESTÍMULO

COMPORTAMIENTO PREVISIBLE PROPORCIONAL A LA MAGNITUD

¿A qué se refieren los apuntes?

Analizamos la fuente del trabajo del Prof. H. Mazzella, efectuando citas textuales y comentarios para hacer inteligibles las anotaciones:

“Tradicionalmente se conocía el determinismo y el azar”⁵ para dar cuenta de la relación significativa o no entre los factores participantes de un fenómeno y los hechos resultantes.

Determinismo clásico

Hasta mediados del siglo XIX domina a ultranza el pensamiento lineal, derivado de la Mecánica Newtoniana, en el que la relación causa-efecto se encuentra absolutamente determinada, y se puede efectuar predicciones precisas acerca de lo que va a ocurrir, a partir del conocimiento de las condiciones iniciales de los factores participantes y de las leyes de la física. Un ejemplo superlativo de la doctrina Mecanicista lo constituye la sentencia radical del matemático Pierre Simon de Laplace de 1814, quien afirma en “Ensayo filosófico sobre las probabilidades”: “A una inteligencia que conociera en un instante dado todas las fuerzas de la naturaleza y la situación de los seres que la componen, y fuera suficientemente poderosa para someter esos datos al análisis matemático... nada le sería incierto, y el futuro y el pasado estarían presentes ante sus ojos”^{1,8}. En teoría todo se podía conocer: “el presente dictaría el inmediato futuro”, o, lo que es lo mismo, la actualidad es el producto del pasado⁵.

“El conocimiento científico se basaba sobre todo en la observación y en la explicación matemática de los hechos”^{2,5}. Los objetivos eran realizar una descripción lo más completa posible de los mismos, y luego intentar diseñar las ecuaciones que los comprenderían. “Las leyes físico-químicas explicarían los principales hechos de la materia inerte y de la biología”⁵.

Determinismo probabilístico

A mediados del siglo XIX surge la Mecánica Estadística con el desarrollo de la Teoría Cinética de los Gases, y con ella la incertidumbre derivada de la imposibilidad de predecir la complejidad de los fenómenos de colisión azarosa entre las moléculas de la materia en ese estado. Pero, aun así, la posición determinista resiste de modo argumental sosteniendo que la limitación se encuentra presumiblemente establecida por la dificultad de conocer lo suficiente sobre las condiciones iniciales, de lo cual se deriva la creencia incorrecta de que cuanto más sabemos acerca de las cosas complejas más nos podemos acercar a su predictibilidad; o sea, que la solución al problema se efectúa enmarcando el asunto en términos dimensionales, una cuestión de meras proporciones acerca del conocimiento de partida².

Determinismo caótico

La Teoría del Caos implica un cambio conceptual drástico en relación con la posibilidad de conocer ciertos fenómenos de la realidad.

Transcribimos el texto del Profesor Héctor Mazzella que coincide con la referencia del Profesor Daniel Murguía:

“Quedaron así las dos tesis básicas: el determinismo (probabilístico o no) y el azar.

Hasta que se agregaron, en las últimas décadas de este siglo, los fenómenos caóticos, ni predecibles ni aleatorios. El caos determinístico es el comportamiento del cambio, aparentemente al azar, que puede aparecer en sistemas no lineales.

En los sistemas lineales, la magnitud de respuesta es proporcional a la magnitud del estímulo. De ahí que estos sistemas puedan ser entendidos totalmente y previstas sus consecuencias.

Al contrario, en los sistemas no lineales no se mantiene la proporcionalidad; así pequeños estímulos pueden tener grandes e inanticipables efectos. Además, hay otra dificultad para entender estos sistemas: que los componentes de la red no lineal, actúan entre sí”⁵.

Lo revolucionario fue identificar que la

estructura conceptual dual complementaria de determinismo-azar no era suficiente por sí sola para rendir cuenta de algunos fenómenos de la realidad.

Lo que ahora se denomina Caos, es ideológicamente un desmentido de parte de la realidad al presunto poder de conocimiento totalitario de la linealidad, y desde la perspectiva fenoménica, es un incidente en la evolución temporal no lineal de los sistemas complejos, con dinámica particular, por sensibilidad a las condiciones iniciales².

Fue esencial descubrir la trascendencia de la influencia sutil derivada de un evento aparentemente insignificante destruyendo la armonía del sistema a lo largo del tiempo, y el peso de la interdependencia de los componentes del sistema afectándose recíprocamente.

Actualmente, cuando se obtiene un registro turbulento o caótico, no se lo ignora como antes, y se lo reconoce, describe, analiza cuidadosamente e interpreta con la ayuda de ordenadores, creando objetos dinámicos que los representan, denominados “atractores extraños” técnicamente por su cualidad dimensional amplia y compleja, o “retratos dinámicos” de modo informal².

Antecedentes en Caos: Sensibilidad a las condiciones iniciales

Dos referencias que constituyen hitos académicos, además de los trabajos precursores del matemático Jacques Hadamard y el físico Pierre Duhem, son los aportes del matemático Henry Poincaré y el meteorólogo Edward Lorenz.

Jacques Hadamard²

Realiza en “Les Surfaces à courbures opposées et leurs lignes géodésiques”, de 1898, la primera demostración matemática del teorema acerca de la observación de que cualquier error en la condición inicial de evaluación de un sistema dinámico impide la predicción de su comportamiento a largo plazo; la efectuó a partir del modelo de un móvil desplazándose sin rozamiento sobre una superficie de curvatura negativa (billar de Hadamard).

Pierre Duhem²

Ratifica en “Ejemplo de deducción matemática que nunca debe utilizarse”, de 1906, que la pequeña incertidumbre necesariamente presente en la condición inicial da lugar en la evolución temporal del sistema a una gran incertidumbre, por lo que cualquier predicción resulta incorrecta.

Henry Poincaré²

Anticipa en 1892 una primera advertencia sobre causalidad no lineal en un trabajo matemático sobre la interacción gravitacional entre varios cuerpos celestes. Establece que la ecuación de Newton, al respecto, es correcta cuando la influencia en el campo comprende dos cuerpos, pero inaplicable a mayor número de cuerpos celestes. “El Problema de los tres cuerpos” demostró la inestabilidad del modelo lineal: el movimiento resultante es muy errático, dependiente de la posición inicial de los cuerpos, y la predicción de la trayectoria resulta imposible. Se trata del ejemplo más ilustre de dependencia a las condiciones iniciales.

Luego en “Ciencia y método”, de 1908, como epistemólogo discute el tema de la impredecibilidad en relación con la sensibilidad a las condiciones iniciales con dos ejemplos, el de las colisiones de las moléculas en un gas, y el de los fenómenos meteorológicos.

Dice: “Una causa muy pequeña, que se nos escapa, determina un efecto considerable que

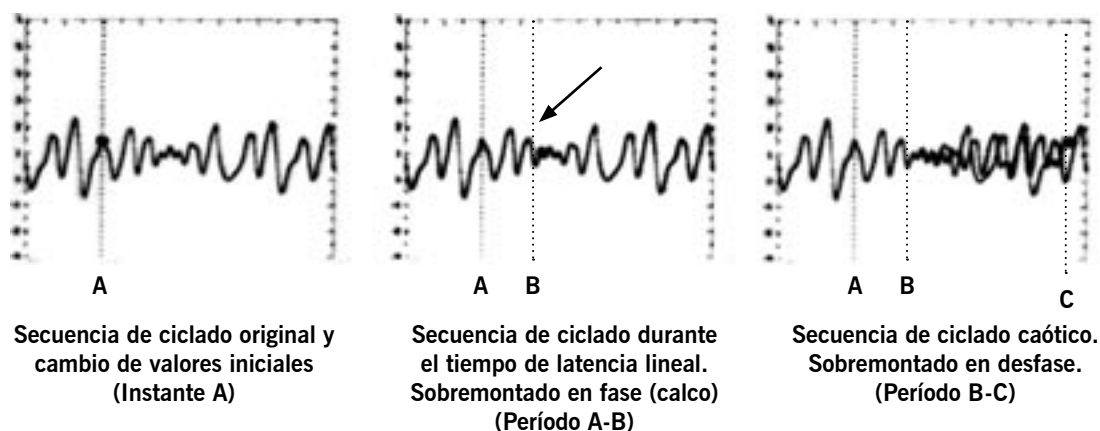
no podemos prever, y entonces decimos que dicho efecto se debe al azar”.

Edward Lorenz^{1,2,9,10,11}

Representación bidimensional

Efectuó en “Deterministic Nonperiodic Flow”, en 1962, un diseño simplificado para el pronóstico del clima, representando al sistema por tres ecuaciones diferenciales, con tres variables y tres constantes, que describen la velocidad y temperatura de los rulos de convección atmosférica por efecto del calentamiento terrestre solar, con movimiento ascendente del aire caliente-ligero y descendente del aire frío-denso. Le asignó valores iniciales arbitrarios a las tres variables y obtuvo una evolución temporal determinada, que circunstancialmente se altera (B-C) de modo inesperado y progresivo luego de un período de latencia (A-B), como consecuencia de modificar a mínima los valores iniciales (A), por deslizar inadvertidamente un error, al efectuar el redondeo de las cifras de seis a tres decimales. Redescubre a través de la contrastación accidental –no conocía los trabajos anteriores, y le atribuye previamente dos interpretaciones erróneas– ese fenómeno de sensibilidad extraordinaria, por el que las pequeñas diferencias iniciales se hicieron muy grandes con el paso del tiempo, de acuerdo con la no linealidad y las condiciones caóticas establecidas en la evolución del sistema.

EVOLUCIÓN CLIMÁTICA AL CAMBIAR LAS CONDICIONES INICIALES⁽¹⁰⁾



* El punto en la gráfica señalado con la flecha indica el momento de la evolución temporal del sistema.

Concluye que el pronóstico a largo plazo no es posible en razón de que nunca pueden conocerse las condiciones de partida (datos) con la suficiente precisión, ni pesquisar la totalidad de los errores de procesamiento de la información (interpretaciones y procedimientos), y acuña en la nomenclatura la noción de amplia divulgación actual, referida a reiteración por Daniel Murguía, y conocida como “efecto mariposa”: la dependencia a las condiciones iniciales y el efecto eventual resultante desproporcionado son de tal magnitud que aun el leve aleteo de una mariposa puede hacer la diferencia en el pronóstico del tiempo, al amplificarse con el correr de los días, semanas o meses, y provocar un inesperado temporal.

Representación tridimensional

Espacio de las fases y atractor caótico^(2,8,9,11,12)

Espacio de las fases designa al espacio matemático abstracto constituido por las variables

que describen un sistema dinámico; en él cada punto representa un posible estado del sistema, y la trayectoria resultante simboliza la evolución del sistema en el tiempo.

Al graficar las ecuaciones del sistema en forma tridimensional en el ordenador, el meteorólogo del MIT (Massachusetts Institute of Technology) obtuvo por primera vez el objeto espacial representado, que hoy denominamos atractor de Lorenz, en el que la trayectoria asombrosamente nunca se intercepta, dado que en el estado caótico el sistema varía de continuo y jamás se repite. Se trata de una representación cartesiana donde cada eje es una variable dinámica, y, de acuerdo con lo expresado, cada punto de la trayectoria en el espacio de las fases es una instantánea del estado del sistema a cada momento según los valores de las variables evolucionando en el tiempo. Dicha trayectoria es atraída hacia una región del espacio denominada atractor (agujeros visuales), que es la manifestación de los parámetros fijos y de las ecuaciones que determinan los valores de las variables dinámicas.

ATRACTOR DE LORENZ

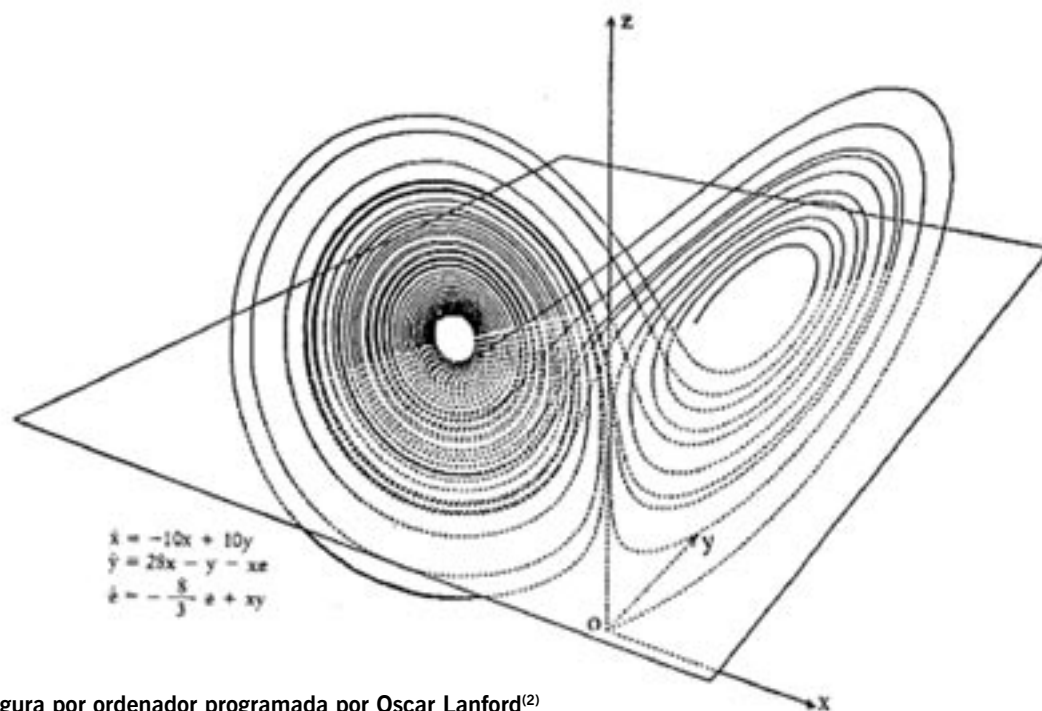


Figura por ordenador programada por Oscar Lanford⁽²⁾

Proyección 2D de representación 3D de la evolución del sistema dinámico complejo en el tiempo

**DEMOSTRACIÓN DE LA TRANSICIÓN
DE LA LINEALIDAD (0-1 / 1-2) AL CAOS (2-3 / 3[∞])**

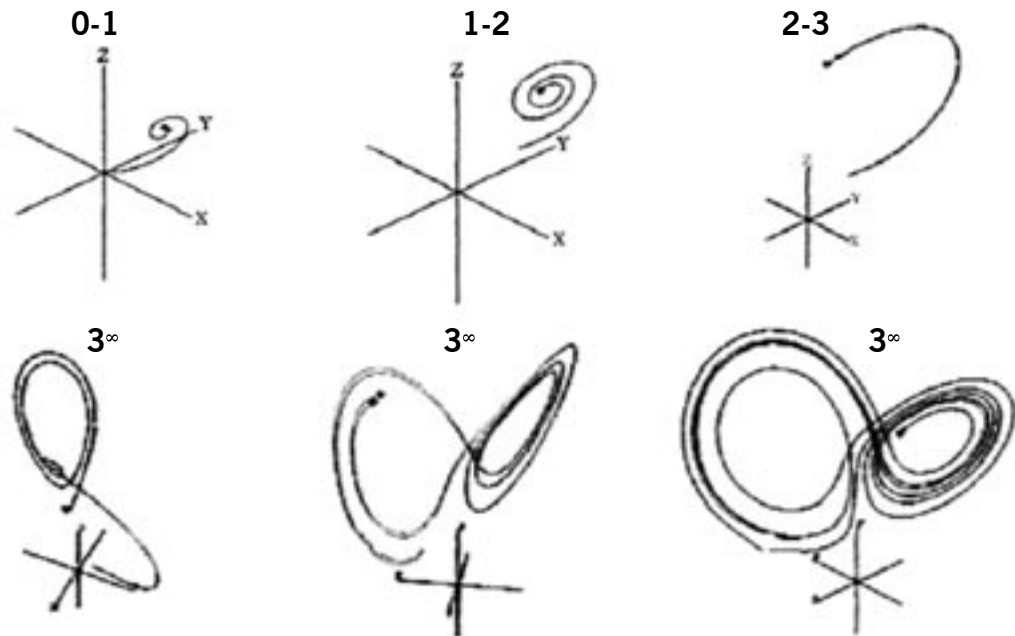


Figura por ordenador obtenida por Robert Shaw y Peter Scott en 1977 durante experiencias de representación del fenómeno climático. Transformaron las ecuaciones de Lorenz en circuitos eléctricos y obtuvieron el mismo objeto dinámico, diversificándolo con la modificación de los componentes del sistema⁽¹³⁾

El estado inicial del sistema se encuentra en el punto de intersección de los ejes o cruce de las coordenadas

La evolución del sistema activado en régimen dinámico de baja complejidad recorre una trayectoria que se estabiliza en dos oportunidades, señaladas por un punto al final de un recorrido en curva cerrada (0-1 / 1-2). El punto fijo y el ciclo límite circular constituyen atractores geoméricamente simples^{2,9,13}.

Luego, si se continúa con la activación reiterada del sistema, se genera turbulencia y caos en régimen de alta complejidad (2-3[∞]) y la trayectoria se vuelve impredecible, abriéndose y cerrándose sin término (3[∞]), o sea, que el sistema no recupera nunca el equilibrio, quedando una estructura geométrica enmarañada que constituye el atractor extraño^{2,9,13}.

Si se cambian los valores iniciales, aunque sea a mínima, se obtendrán resultados diferentes, ya que la condición en determinado instante depende de la condición previa. En

los sistemas dinámicos complejos las pequeñas diferencias se propagan recursivamente, de modo que los valores numéricos para cada momento resultan completamente distintos de los del sistema original con las condiciones iniciales anteriores.

El período del atractor caótico es impredecible y tiene un número infinito de ciclos con una combinación de órbitas periódicas e inestables que son expresión del comportamiento del sistema. No obstante ser completamente imposible predecir el estado del sistema, es posible modelar el comportamiento general del sistema, tal cuál se puede observar en la simulación por ordenador, dado que la dinámica del atractor acontece dentro de un marco espacial y alrededor de focos de organización.

Por esos motivos, el estudio de su no predictibilidad y la expresión conceptual derivada, se pueden realizar mediante representaciones gráficas del comportamiento dinámico y no por medio de ecuaciones exactas.

Las gráficas de los atractores caóticos se perciben similares porque el comportamiento global del sistema no varía, y si se llega a conocer es posible controlar el sistema.

La Teoría del Caos pone énfasis en el orden intrínseco propio descrito de la evolución de los sistemas dinámicos complejos con determinismo no lineal, y en el patrón de comportamiento mencionado.

La utilidad de la forma geométrica del atractor extraño reside en que es una representación universal y abstracta de los sistemas dinámicos complejos, siendo irrelevante el significado concreto de la naturaleza particular del sistema considerado; las coordenadas del espacio de las fases pueden significar cualquier tipo de fenómenos, físicos, químicos, poblacionales, económicos, etc., y también clínicos⁹.

Consideraciones generales: aplicabilidad

El Caos es una teoría de un orden muy general, que introduce una nueva forma de visualizar ciertos eventos turbulentos que suceden, posibilitando su trato apropiado con métodos no lineales, distintos a los tradicionales que prevalecen en el mundo contemporáneo, estrictamente lineales y con otro tipo de determinismo. Contribuye a crear un entorno de alternativas más realistas en el conocimiento científico de esos fenómenos, característicos de la evolución de los sistemas dinámicos complejos. Se estudian ahora en los espacios de las fases mediante atractores que representan de modo global el comportamiento general del sistema, en lugar de las gráficas x-y que describen la posición instantánea de variables aisladas en función del tiempo¹¹. Asimismo, tampoco se tiene como antes por objetivo en su estudio el diseño de ecuaciones estrictas.

A partir de los estudios de H. Lorenz los conceptos de Caos no son más simples ideas en un mundo hipotético, son reales. Y ha sorprendido la constatación de su ubicuidad, es decir, que estos fenómenos se encuentran presentes al mismo tiempo en todas partes, en la generalidad de los sistemas dinámicos, incluso en aquellos de apariencia simple con sólo dos o pocos más grados de libertad, o con uno solo si está sometido al impacto de un

factor que varíe periódicamente en el tiempo; por grado de libertad se entiende cada una de las variables necesarias para la descripción del sistema¹.

La Teoría del Caos tiene actualmente aplicaciones en sistemas dinámicos complejos de la biología y ciencias blandas, aunque con los reparos de las dificultades metodológicas relativas a la obtención de datos y características de estos sistemas. Es difícil lograr registros de buena precisión y largas series temporales, como para reconstruir la dinámica del sistema; aun así, se requiere la condición de que la dinámica sea lo suficientemente sencilla y no lo es en general, y, además, debe considerarse la dificultad adicional que estos sistemas plantean por cuanto tienden a cambiar su naturaleza en la evolución temporal. El estudio cuantitativo del fenómeno caótico en un sistema requiere de la comprensión cuantitativa de la dinámica del sistema, que se basa en el conocimiento de las ecuaciones de evolución temporal; la dificultad estriba en que estas ecuaciones cambian lentamente con el tiempo^{2, 11}.

Debe considerarse que los parámetros que describen los procesos no lineales tienen una interpretación más incierta que la que se puede realizar a partir de la descripción lineal del mismo fenómeno.

Por lo tanto, es necesario sortear no sólo dificultades metodológicas, sino también de interpretación de los resultados obtenidos, para poder obtener una descripción de los procesos generados por los sistemas dinámicos complejos mencionados.

En el área de la medicina la Teoría del Caos se ha aplicado desde hace años en el estudio no lineal de la actividad ECG y las arritmias cardíacas^{5,7,17}, y más recientemente del EEG⁵, con obtención de atractores de diversa dimensión. La complejidad del atractor EEG es directamente proporcional al grado de activación del SNC, obteniéndose una transición abrupta desde la baja a la alta dimensión, al pasar del registro en reposo al efectuado durante la realización mental de operaciones aritméticas¹⁴. La función cognitiva inicial aparece coincidentemente correlacionada con la aptitud holística de los procesos no lineales que exploran la totalidad o la mayor diversidad de posibilidades de la realidad, antes de

alinearse en la identificación del conocimiento fragmentario de alguna de las partes que la componen¹⁴. Algunos fisiólogos han relacionado la disponibilidad de la capacidad caótica de los órganos con la propiedad de optimización funcional de los mismos; se supone que ese régimen aporta la flexibilidad necesaria para la autorregulación y mejor adaptación a situaciones variadas^{5,7}. Obviamente, el recurso disminuye progresivamente y se pierde en la involución y deterioro patológico; se encuentra planteada como aspiración la posibilidad de identificar atractores específicos que revelen detalles de la fisiopatología.

En los últimos años neurobiólogos y teóricos han realizado un importante esfuerzo de integración de conceptos de la Teoría General de Sistemas a la complejidad de la fisiología y fisiopatología del SNC con conceptualizaciones funcionales y diseño de modelos hipotéticos¹⁵, sugerentes desde una perspectiva global, pero incontrastables.

Consideraciones específicas: aplicabilidad en Psiquiatría

Los fenómenos de la naturaleza y la vida de relación, en su mayor parte, implícitos en lo neuropsíquico, quedan comprendidos en algún momento en fenómenos caóticos.

El entendimiento emergente de la Teoría del Caos resulta útil para analizar la causalidad no lineal; sin su consideración la comprensión para identificar variables no obvias y resolver problemas relacionados se empobrece en la certidumbre de interpretaciones excluyentes.

Como señala Daniel Murguía en “Desarrollo de la Psiquiatría en el Uruguay”¹⁶, el marco de referencia de la Escuela de Psiquiatría Uruguaya, formado a lo largo de su breve historia, ha quedado plasmado conceptualmente en la perspectiva clínico antropológica de su desempeño, la actitud de libre opción receptiva abierta en nosología, la posición integracionista ante el pensamiento doctrinario, y el paradigma biopsicosocial en materia de conceptualización etiopatogénica. Quizás corresponda expresar que él fue uno de los profesionales que mejor expuso el modelo que deseó para la Institución, y de los que más

trabajo fértil académico efectuó en el país para lograrlo.

La Teoría del Caos puede ser el aporte in extremis del Profesor al marco referencial de la Escuela de Psiquiatría Uruguaya, un último afán del brillo cognitivo al que nos acostumbró. Los detalles de su contribución quedan pendientes hasta el hallazgo del manuscrito extraviado; “lo tengo todo en la mente”, decía con regocijo intelectual casi exultante, señalando su cabeza, durante los últimos nueve días, que por suerte fueron de bienestar.

Entretanto el azar y la buena fortuna no nos obsequie generosamente ese descubrimiento, hacemos entrega de esta introducción, elaborada a la ajustada medida de nuestro alcance.

Describimos la teoría, sus fundamentos y antecedentes. Pero... ¿cuál es su aplicabilidad en Psiquiatría?

Como teoría del conocimiento aporta la posibilidad de enfocar temas críticos desde otra perspectiva. El mundo en que vivimos y el psiquismo son sistemas dinámicos con coexistencia de fenómenos simples y complejos entrelazados, por lo que la causalidad de las experiencias humanas obviamente deja de ser lineal gran parte del tiempo, aunque la conciencia no lo revele y el comportamiento sea en apariencia coherente e irreprochable por la gestión idealizadora de auditoría lineal.

Los ordenadores han proporcionado evidencias abstractas de la existencia de esos fenómenos silentes no obvios que han estado fuera de la capacidad del conocimiento lineal de la inteligencia humana, pero que surgen como realidad patente en las imágenes inesperadas de los atractores extraños.

Las matemáticas describen, con impacto sorprendente sobre las creencias y fuera de expectativa, un monto de dimensión extraordinaria para el crecimiento exponencial en el tiempo de variaciones aparentemente insignificantes.

Los usuarios de servicios de salud evocan una relación causa efecto inusual, de determinismo no lineal, cuando se expresan metafóricamente o literalmente en términos dimensionales evaluando la desproporción de la reacción al estímulo; dicen refiriéndose a hechos que protagonizan: “Fue la gota que derramó el vaso” o “Un deta-

lle que hizo la diferencia” (noción de impacto efectivo de un factor menor), y también “No es que fuera para tanto, sino lo seguidito” (noción de efectividad por ocurrencia reiterada en el tiempo de un factor menor).

Tratando de establecer el nuevo orden no lineal entre los presupuestos ideológicos del marco referencial, destacamos a continuación tres conceptos derivados de la Teoría del Caos que adquieren relevancia preferencial por su posible aplicación en clínica, a saber:

1. La importancia del efecto exponencial de la reiteración de factores menores en el curso del tiempo.
2. La importancia del efecto de la interdependencia multifactorial subyacente.
3. La manifestación de ambos efectos en acontecimientos aparentemente aleatorios no relacionados.

¿Qué aportes específicos puede efectuar la Teoría del Caos a la clínica psiquiátrica?

Desarrollos en teoría del método clínico

Innumerables generaciones de librepensadores durante siglos enunciaron intuitivamente, e intentaron comprender y organizar racionalmente, alguna concepción lógica o admisible acerca del enfermar. Una vez constituida, la Institución psiquiátrica internacional hizo el esfuerzo reiterado para el logro de sistemas clasificatorios categoriales, ordenados y estables, y, el desarrollo de conceptos clínicos esclarecedores. La evidencia fue forjando paradigmas, de los cuales dos permanecen, y se encuentran admitidos por consenso en la medicina contemporánea; uno basado en la complejidad de la etiopatogenia, y otro planteado a través de una ecuación que anticipa vulnerabilidad o predisposición para enfermar en proporción inversa a la entidad de la noxa, “biopsicosocial” y “vulnerabilidad estrés”, respectivamente, ambos incorporados al ejercicio de la psiquiatría.

La nueva información provista por la Teoría del Caos enriquece los paradigmas vigentes, y al actualizarlos desde su perspectiva, contribuye a la evolución histórica de las teorías acerca del enfermar. Los mecanismos de génesis del comportamiento se encontraban enmarcados

en la concepción de orden general del determinismo lineal, que supuso la posibilidad de certidumbres en el campo de la clínica, a través de procedimientos de indagación pormenorizados en cada una de las áreas (factores y ejes), con identificación de eventos trascendentales y vulnerabilidad.

Paradigma biopsicosocial

Una forma de integrar la teoría al marco referencial es ensayando preguntas y respuestas fundamentales acerca de si el paradigma académico etiopatogénico biopsicosocial se comporta de acuerdo con el modelo de los sistemas dinámicos complejos.

No sería sorprendente la correspondencia, sobre la base admitida de que la causalidad en psiquiatría es multifactorial y multiaxial, con un número diverso y casi siempre elevado de variables diferentes en juego.

Pero la Teoría del Caos contiene conceptos que establecen que la complejidad no lineal es harto más compleja que la complejidad lineal. ¿Cuáles son esos conceptos? Las diferencias no son meramente cuantitativas, sino también cualitativas, vinculadas al proceso intrincado de la dinámica entre factores y ejes. Para comprender el sistema no basta con acumular datos relevantes acerca de los factores identificables y ejes emergentes, o analizar linealmente la dinámica entre los componentes. La sensibilidad a las condiciones iniciales, incluyendo factores no identificados y errores de evaluación, y la dinámica interdependiente, hacen diferencias sustanciales en la evolución; se identifican como causales de no linealidad, y aportan un monto de complejidad superlativo que conduce a la incertidumbre.

Si la teoría se aplicara con rigor surgiría de inmediato un sinnúmero de dudas derivadas que implican conflictos epistemológicos.

¿Cómo se logra identificar prospectiva o retrospectivamente la influencia de un factor de incidencia sutil y crecimiento exponencial efectivo, si es inaudito y el fenómeno resultante aparentemente aleatorio? ¿Cómo se logra discernir acerca de la pertinencia en la identificación de factores emergentes si integran subsistemas dinámicos incluso dentro del mismo eje del sistema?

Y en consideración de lo mismo, de modo más general, si se procede con exigencias de rigurosidad en la aplicación del método clínico, tampoco es fácil tener certeza de pertinencia en la identificación del eje emergente respecto de los otros que completan el sistema; las controversias transdisciplinarias y doctrinarias ilustran la cuestión.

Incluso en caso de consenso autorizado con relación a la identificación precisa y pertinente de los factores y ejes emergentes:

¿Cómo acontece la transición del estado de equilibrio basal a la emergencia de los factores y ejes?

¿Cuál es la medida de la repercusión de los prevalentes sobre los otros factores y ejes?

¿Cuál es el promedio de prevalencia de ambos en el curso del tiempo?

¿En qué unidad de la escala del tiempo acontecen esas prevalencias, que oscilan desde milisegundos a años?

¿Cómo se integra la interdependencia de factores y ejes en el desfase de la dimensión temporal?

Así pues los problemas de interpretación que se abren a la luz de esta teoría, pueden ser interminables si avanzamos sistemáticamente de modo cuantitativo, instalando la labor en la filosofía de las ciencias. Normalmente en el desempeño técnico profesional no se tiene dudas existenciales de ese rango científico, y se excluyen operacionalmente los aspectos acerca de la realidad que tratamos de describir. Por razones de eficacia práctica el médico restringe el pensamiento al funcionamiento lineal simple; el problema reside en que pierde la prerrogativa del uso de las capacidades no lineales, y la posibilidad de conocer y comprender estos fenómenos.

Sería muy beneficioso para la asistencia, investigación y docencia en psiquiatría, tomar conciencia de esta causalidad, y utilizar la Teoría del Caos de modo realista, por lo menos cualitativamente en esta etapa del desarrollo incipiente de la aplicabilidad, sobre todo en situaciones de fracaso terapéutico, con resistencia, refractariedad o respuesta paradójica, y atipia clínica o comorbilidad aparentemente no relacionada. Puede proveer providencialmente fundamentos para estudios complementarios, logro de evidencias no lineales,

rediagnósticos y tratamientos alternativos no tradicionales.

Se comprende entonces por qué desde esta perspectiva la certidumbre científica es inverosímil y connota el exitismo fatuo del aprendiz de brujo.

Paradigma vulnerabilidad estrés

El efecto subrepticio desproporcionado de los factores pequeños no obvios, en razón de la dinámica no lineal, por crecimiento exponencial e interdependencia subyacente, da lugar a enfermedades inesperadas, en apariencia aleatorias y no correlacionadas con anomalías presentes en otros ejes.

De acuerdo con lo expresado acerca de la Teoría del Caos, una mínima modificación en el estado inicial del sistema dinámico complejo biopsicosocial, al momento particular de la incidencia de un factor intercurrente conocido o ignorado, condiciona un cambio evolutivo posterior que crece exponencialmente con el paso del tiempo.

Va en contra del presupuesto habitualmente aceptado de que los factores circunstanciales de menor importancia concurrentes a un evento (eventuales) no tienen o son de incidencia irrelevante en la determinación causal de fenómenos notorios de aparición inesperada en la evolución del sistema.

Así, pues, y contrariamente a la creencia usual, los factores de pequeña entidad pueden tener un efecto grande a largo plazo si su actividad es persistente, se acumula, y multiplica reiteradamente a intervalos en el desarrollo del tiempo.

Obviamente, el sentido común tiende a refutar o restringir el enunciado precedente estableciendo la precisión de concederle validez excepcional para el caso en que la situación cumpla con la necesidad de condiciones extraordinarias en el estado del sistema al momento de la incidencia del factor menor; es de la única manera que de ordinario se admite la consecuencia de que una nimiedad tenga importancia.

Pero no es así, no se requieren necesariamente condiciones excepcionales en el estado del sistema para que el factor devaluado tenga

un efecto importante, o sea, que la repercusión sucede cualesquiera sean esas condiciones, incluyendo las comunes y corrientes.

La sensibilidad a las condiciones iniciales es un concepto que se relaciona con la dinámica de los factores concurrentes en la evolución temporal de los fenómenos, y no con la presunta jerarquía de los mismos relacionada con la entidad del estrés, o la complejidad lineal e inestabilidad intrínseca del sistema dinámico que habitualmente denominamos vulnerabilidad.

El crecimiento exponencial o a tasa constante implica la duplicación del valor inicial, y sucesivos en reiteración real periódica; el resultado es que la magnitud del efecto relacionado se hace enorme y fuera de las proporciones de expectativa intuitiva.

La leyenda¹⁸ de la imposibilidad del pago del servicio brindado al rey, por el creador del juego de ajedrez, ilustra de modo elocuente el asunto. A tales efectos se debía meramente integrar una cantidad de granos de trigo, aparentemente ínfima, equivalente a la suma de la totalidad de las cifras obtenidas por progresión a partir de la unidad y duplicación sucesiva casilla por casilla del tablero ($N=64$). Si efectuamos la cuenta compartimos la sorpresa del resultado, una cifra inesperada y cuantiosa del orden de los 18 trillones y medio ($2^{64} = 18.446.744.073.709.600.000$), obviamente, un suministro muy difícil de proveer e inimaginable en términos de proporciones, que comprende un volumen equivalente al de una megaconstrucción que teniendo por base el área delimitada de una manzana urbana tuviera setenta mil kilómetros de altura o, expresado de otra forma, el correspondiente a un cubo con una arista de nueve kilómetros de lado¹⁹. La cifra corresponde a la producción actual mundial, multiplicada por ciento cincuenta.

La noción causa efecto desproporcionado que jerarquiza la dinámica de los factores intervinientes en la dimensión temporal de los fenómenos –independientemente de la magnitud o importancia atribuida a los factores y el estado del sistema– por progresión exponencial de modificaciones mínimas de los parámetros, con desestabilización y aparición de turbulencia caótica evolutiva, constituye un prototipo alternativo al tradicional lineal de causa efecto proporcionado, que solo tiene

en cuenta en la evaluación la ocurrencia de factores relevantes y la condición de complejidad e inestabilidad intrínseca en el estado del sistema, implícitos en la noción clínica del balance estrés vulnerabilidad.

Se trata de determinismo no lineal, por factores no obvios, que se ponen de manifiesto no por sí mismos sino a través de su repercusión, cuando se amplifican a magnitud efectiva, y producen la alteración turbulenta en la dinámica de interacción de los factores que rompe el equilibrio y el orden del curso lineal de los fenómenos.

Adviértase el peso ad hoc de las relaciones de los factores y ejes entre sí, dado que integran subsistemas y sistemas dinámicos complejos, respectivamente. Todo se encuentra influido por todo, de modo subrepticio, a través de la intensa dinámica no lineal, de impacto simultáneo múltiple, diverso, cambiante e infinito; el efecto acontece por causalidad circular caótica entre los factores y ejes del paradigma. La raíz de la dificultad para la exacta comprensión de los fenómenos turbulentos en que los concebimos desde el pensamiento lineal. No corresponde siquiera con la dinámica de causalidad circular usual, conteniendo cadenas de influencias sucesivas, en secuencias de patrones estables, recurrentes y por lo tanto, predecibles.

El Caos se manifiesta en apariencia por demás azarosa, pero en realidad su aleatoriedad no es absoluta; se encuentra restringida por el propio sistema dinámico, que lo controla en forma determinista. Ello se vuelve perceptivamente patente en la captura de la estructura geométrica subyacente, de la representación dinámica espacial del atractor extraño, en donde las trayectorias erráticas impredecibles de las variables nunca se desvían más allá de ciertos límites fijos en sus márgenes; en ese modelo abstracto se revela una magnífica alternativa de la grandiosidad de la naturaleza.

Este trabajo no fue imaginado a voluntad, ni plantea una competencia entre procesos cognitivos de diferentes características asociados a fenómenos de la realidad, culturas y substratums. Las tradiciones lineales nos han brindado una aproximación muy útil acerca de la realidad en muchas disciplinas, pero sus aportes deberían ser tomados con mayor cautela. No se trata de romper la trama lineal

sino de hilar más fino y apreciar que no basta con determinismo y azar para salir del enredo conceptual. Con el Caos determinista no lineal integrado al escenario tenemos perspectiva de hacer mejor el trabajo que tenemos entre manos; y en tanto se pueda tolerar la incertidumbre las personas asistidas podrán obtener el beneficio de la duda.

Referencias bibliográficas

1. Documento bibliográfico subrayado: Fernández Rañada A. "Movimiento caótico", Marzo de 1986, Scientific American, Libros de Investigación y Ciencia, Editorial Labor, Barcelona, España.
2. Ruelle D. "Azar y Caos", Madrid: Alianza Editorial, 1993.
3. Documento bibliográfico subrayado: Epstein IR, Kustin K, De Kepper P, Orbán M. "Reacciones químicas oscilantes". En: Scientific American, Libros de Investigación y Ciencia, Editorial Labor, Barcelona, España.
4. Documento bibliográfico: May, RM. "El Caos en biología". En: La Recherche, versión en castellano. Mundo Científico Nº 115 Vol. 11, p. 746.
5. Documento bibliográfico: Mazzella H, Acad. Prof. Dr. "La Teoría del Caos y su aplicación en Medicina". En: Boletín de la Academia Nacional de Medicina del Uruguay, Volumen XV-XVI:1, pp. 57-64, 1997-1998, Montevideo, Uruguay.
6. Documento dictado del 21/5/2003 (Remitido a Sociedad de Psiquiatría el 6/8/2003).
7. Pereyra A., Auxiliar de Enfermería. En: Comunicación personal (Entrevista 11/10/2003).
8. Documento bibliográfico subrayado: Crutchfield JP, Farmer JD, Packard NH, Shaw RS. "Caos", Febrero de 1987, Scientific American, Libros de Investigación y Ciencia, Editorial Labor, Barcelona, España.
9. Documento bibliográfico: Eckmann J-P y Mashaal M. "La Física del desorden". En: La Recherche, versión en castellano. Mundo Científico Nº 115 Vol. 11, p. 722.
10. Lorenz E. Massachusetts Institute of Technology, "Deterministic Nonperiodic Flow", 1962. En: Registro de video "The Strange New Science of Chaos", Infinito.
11. Wedolowski K. Ingeniero asesor. En: Conceptos sobre teoría del Caos. Comunicación personal.
12. Hamilton - Jacobi, "Espacio de estados y atractor caótico", En: <http://www.geocities.com/Athens/Atlantis/4003/textos/caos.htm>
13. Shaw RS, Scott P. Departamento de Física, Universidad de Santa Cruz, California, 1977.
14. Rapp PE et al. "Experimental studies of chaotic neural behaviour: Cellular activity and electroencephalographic signals". En: Nonlinear Oscillations in Biology and Chemistry, 1985, Springer-Verlag.
15. García Toro M, Talavera JA, González Guillén A. "Teoría de Sistemas dinámicos no lineales y trastornos mentales". En: Revista electrónica de Psicología. Vol. 1, Nº 1, Julio 1997. <http://www.psicologia.com>
16. Murguía DL, Soiza A. "Desarrollo de la Psiquiatría en el Uruguay". En: Sesiones de la Sociedad Uruguaya de Historia de la Medicina, Vol. XII, 1990, pp. 138-150. Editores: Gil JI, Burgues S, Mañé F. 1993, Montevideo, Uruguay.
17. Mazzella H, Acad. Prof. Dr. En: Comunicación personal (Entrevista 14/10/2003).
18. Tahan M. "El hombre que calculaba", Montevideo: Editorial Multicolor, 1989, capítulo XVI, pág.86.
19. González R., Ingeniero asesor. En: Cálculo dimensional de un volumen de crecimiento exponencial. Comunicación personal.

* "Documento" se refiere al material bibliográfico sobre Caos procedente de la carpeta personal del Prof. Daniel Murguía.