



# Oncología, caos, sistemas complejos adaptativos y estructuras disipativas

JOSÉ FÉLIX PATIÑO; MD, FACS(HON)\*

## Resumen

*Caos es el término ya convencional para designar comportamiento no periódico, el de los sistemas que hoy se llaman caóticos. Complejidad es la ciencia emergente que trata la frontera entre el caos y el orden. Los sistemas caóticos pueden poseer estados de equilibrio dinámico, que son necesariamente inestables. El equilibrio es inestable si una ligera perturbación inicial produce un gran efecto subsiguiente, tal como el "efecto mariposa": una mariposa aleteando en Pekín puede originar una tormenta en Nueva York. El organismo humano mantiene un equilibrio inestable correspondiente a su naturaleza de sistema caótico de alta complejidad. Las enfermedades, el trauma y, especialmente, el cáncer, producen impactos sobre la función orgánica, y las correspondientes alteraciones exhiben repercusiones amplificadas.*

*El cáncer es una entidad "parasitaria", cuyo desarrollo no controlado da lugar a la organización y crecimiento autónomo de un nuevo sistema biológico —el tumor— en el organismo del huésped. Propongo mirar el cáncer más allá de la ciencia natural, a la luz de la **teoría caos** y de la **ciencia de la complejidad**, como un fenómeno aleatorio en un **organismo complejo adaptativo de no-equilibrio termodinámico**. Así concebido, el cáncer de por sí según el concepto de Ilya Prigogine, es una estructura disipativa, muy alejada del equilibrio, un nue-*

*vo estado de la materia que depende de flujos continuos de energía y recursos provenientes del huésped, o sea del organismo humano sobre el cual se conformó, pero que exhibe una tendencia hacia el crecimiento continuo e ilimitado y un comportamiento caótico e impredecible por los métodos de análisis convencionales, que sólo puede ser expresado en términos no de certidumbres sino de probabilidades.*

*Cuando la capacidad de adaptación del huésped es sobrepasada por el neoplasma, éste adquiere la categoría metabólica y estructural de "organismo primario" y el huésped exhibe entropía creciente y va a la muerte. Por el contrario, el cáncer aparece como un sistema de organización y crecimiento "desbocado", un sistema autónomo de entropía decreciente. La combinación del organismo huésped y su tumor es de naturaleza opuesta e implica un manejo diferente: disminuir la entropía en el paciente y aumentarla en el tumor.*

La evolución cósmica se caracteriza por un orden creciente y una organización secuencial de complejidad progresiva, a partir del *big-bang*, la gran explosión primaria que dio origen al universo. Ya formado el planeta Tierra, apareció el orden de la química inorgánica primordial, que dio paso al orden de la química orgánica, y ésta al orden de la biología, a la aparición de la materia viva. La vida evolucionó a través de un proceso de adaptación al entorno (*supervivencia del más apto*), desde los organismos unicelulares primordiales hasta los organismos superiores, para dar lugar a la vida inteligente, y ésta a la conformación de organizaciones sociales, o sea al orden social.

\* José Félix Patiño; MD, FACS(Hon). Presidente, Academia Nacional de Medicina de Colombia. Profesor Honorario de Cirugía, Universidad Nacional de Colombia. Jefe Honorario, Departamento de Cirugía, Fundación Santa Fe de Bogotá.

A través del tiempo, la ciencia se ha preguntado *de dónde proviene el orden del mundo que habitamos*, un mundo que no es de componentes físicos que interaccionan al azar ni una mezcla desordenada de entidades, sino un medio donde la energía y la materia están dispuestas según una compleja y progresiva organización jerárquica, un mundo en movimiento y en evolución *adaptativa* donde la materia aparece estructurada a diferentes y variados niveles. Se ha avanzado en el estudio científico del *orden como concepto abstracto*, lo cual ha permitido una visión racional de cómo ha surgido el *orden a partir del caos*, así como sobre los principios que controlan el crecimiento y la desintegración del orden según el concepto de la entropía, consistente con la segunda ley de la termodinámica.

Ello dio origen a una nueva ciencia: la *física de los procesos de no equilibrio*, de los sistemas no lineales y de los *procesos disipativos* caracterizados por un tiempo unidireccional, o sea no reversible. Los sistemas lineales obedecen a la física gravitacional y cuántica, y son enteramente predecibles. Los no lineales, como el clima o el funcionamiento orgánico del ser vivo, son impredecibles.

*Caos* es el término convencional ya aceptado para designar comportamiento no periódico, el de los sistemas que hoy se llaman *caóticos*, en los cuales es característico que a los estados iniciales les siga un comportamiento no periódico (aperiódico) y que sólo unos pocos tienden a la periodicidad. Los sistemas caóticos pueden poseer estados de equilibrio dinámico, que son necesariamente inestables. El equilibrio es *inestable* si una ligera perturbación inicial produce un gran efecto subsiguiente. Se ha planteado el “efecto mariposa”,

“por la afirmación medio en broma, de que una mariposa aleteando hoy en Pekín puede originar una tormenta en Nueva York el mes que viene” (Capra 1996, p. 150).

El organismo humano, de alto nivel de complejidad en su organización estructural y funcional, es un claro ejemplo de un equilibrio dinámico, homeostático y de autoorganización, intrincado y tremendamente interdependiente, en el cual pequeñas alteraciones pueden causar desastres fisiológicos o la muerte. Es un equilibrio inestable, de evolución adaptativa, correspondiente a un sistema caótico de alta

complejidad. Las enfermedades, el trauma y, especialmente, el cáncer, producen impactos sobre la organización orgánica, y las correspondientes alteraciones exhiben repercusiones amplificadas.

“El *caos*, o la ciencia de los *sistemas no lineales dinámicos y complejos*, toma su nombre de la palabra griega que significa desorden y ello puede generar importantes confusiones porque recientemente los investigadores han descubierto la sutil y compleja estructura que yace bajo el caos de la turbulencia y otras conductas impredecibles de la naturaleza” (Monroy Olivares 1998).

Waldrop define la *complejidad* como la ciencia emergente que trata la frontera entre el caos y el orden. La teoría caos plantea que reglas dinámicas muy simples pueden dar lugar a comportamientos extraordinariamente intrincados. *Caos* trata de la *universalidad de la complejidad*, pero caos de por sí no explica la estructura, la coherencia, la cohesión autoorganizacional de los sistemas complejos. Los sistemas complejos de alguna manera adquieren la capacidad de colocar el caos y el orden en una especie de equilibrio, que es el punto, en el caso de los organismos vivos, donde la vida adquiere la estabilidad necesaria para su funcionamiento y conservación. Esta frontera del caos representa la batalla constante entre estancamiento y anarquía, el punto en el cual un sistema complejo puede ser espontáneo, adaptable, vivo. En medicina corresponde al estado de salud que determina la homeostasis.

Se denominan *sistemas complejos adaptativos* a los sistemas que captan información en forma de flujo de datos y que perciben regularidades en el mismo, tratando el resto del material como aleatorio. El organismo humano es un sistema complejo adaptativo, y su estructura y funcionamiento corresponden a un sistema caótico, según las anteriores definiciones.

Los seres vivos combinan la estabilidad de la estructura con la fluidez del cambio, lo cual permite su desarrollo, reproducción y evolución. Son «estructuras abiertas», *estructuras disipativas*, que dependen de flujos continuos de energía y recursos. F. Capra resume así la teoría de las *estructuras disipativas* planteada por Ilya Prigogine (1993):

“La comprensión de las estructuras como sistemas abiertos proporcionó una importante nueva perspectiva, pero no solucionó el rompecabezas de la coexistencia de estructura y cambio, de orden y disipación, hasta que Ilya Prigogine

formuló su teoría de estructuras disipativas... La clave para entender las estructuras disipativas es comprender que se mantienen en un estado estable lejos del equilibrio... (Nota: aquí se refiere al equilibrio físico (termodinámico), no al equilibrio dinámico y funcional, homeostático, de los organismos vivos). Un organismo vivo se caracteriza por un flujo y un cambio continuos en su metabolismo, comprendiendo miles de reacciones químicas. El equilibrio químico y térmico se da únicamente cuando estos procesos se detienen. En otras palabras, un organismo en equilibrio es un organismo muerto. Los organismos vivos se mantienen constantemente en un estado alejado del equilibrio, en el estado de vida. Siendo muy distinto del equilibrio, este estado es sin embargo estable a lo largo de períodos prolongados de tiempo, lo que significa que, como un molino, se mantiene la misma estructura general a pesar del incesante flujo y cambio de componentes... Más lejos del equilibrio los flujos son más fuertes, la producción de entropía aumenta y el sistema ya no tiende al equilibrio. Bien al contrario, podrá encontrarse con inestabilidades que le conduzcan a nuevas formas de orden que alejarán al sistema más y más del estado de equilibrio. En otras palabras, lejos del equilibrio las estructuras disipativas pueden desarrollarse hacia formas de complejidad creciente... Prigogine enfatiza que las características de una estructura disipativa no pueden deducirse de las propiedades de sus partes, sino que son consecuencia de su «organización supramolecular». Aparecen correlaciones de largo alcance en el mismo punto de transición de equilibrio a no equilibrio, y a partir de este punto, el sistema se comporta como un todo... Cuanto más alejado del equilibrio está un sistema, mayor es su complejidad y más alto el grado de no-linealidad de las ecuaciones matemáticas que lo describen. La teoría de Prigogine demuestra que el comportamiento de una estructura disipativa alejada del equilibrio no sigue ninguna ley universal, sino que es exclusivo del sistema específico. Cerca del equilibrio, podemos encontrar fenómenos repetitivos y leyes universales. A medida que nos alejamos de él, nos desplazamos de lo universal a lo único, hacia la riqueza y la variedad. Esta, sin duda, es una característica bien conocida de la vida” (Capra 1996, Cap. 8).

En su obra *¿Tan Sólo una Ilusión?* (1993, págs. 159, 160), Prigogine define las estructuras disipativas:

“... la formación de «estructuras disipativas» en condiciones muy alejadas del equilibrio, y en el que la estructura surge a partir del caos térmico, del azar molecular... cuando nos apartamos mucho de las condiciones de no equilibrio, se originan nuevos estados en la materia. Llamo a estos casos «estructuras disipativas», porque presentan estructura y coherencia, y su mantenimiento implica una disipación de energía (G Nicolis, I Prigogine. *Self-organization in Non-equilibrium Systems*. John Wiley Interscience, 1977).”

## El cáncer desde la perspectiva de la teoría caos

El cáncer es una entidad “parasitaria”, de crecimiento no controlado, resultante de alteraciones génicas. Hoy

se acepta que no importa cuál sea el agente inductor, el cáncer en última instancia es el resultado de cambios en el ácido nucleico cromosómico de la célula afectada, cambios que dan lugar a la organización y crecimiento autónomo de un nuevo sistema biológico en el organismo del huésped.

La investigación y el manejo del cáncer han sido tradicionalmente enfocados desde la óptica de las ciencias naturales, puesto que los problemas del cáncer tienen que ver con diferenciación celular y con regulación del crecimiento, a la luz de la genética.

Propongo mirar el cáncer más allá de la ciencia natural, a la luz de la *teoría caos* y de la *ciencia de la complejidad*, como un fenómeno aleatorio en un *organismo complejo adaptativo de no-equilibrio*. Así concebido, el cáncer de por sí es una *estructura disipativa*, muy alejada del equilibrio, un nuevo estado de la materia que depende de flujos continuos de energía y recursos provenientes del huésped, o sea del organismo humano sobre el cual se conformó, pero que exhibe una tendencia hacia el crecimiento continuo e ilimitado. Una manera de controlarlo sería induciendo su equilibrio químico y térmico, o sea deteniendo sus procesos de autoorganización y perpetuación, puesto que las estructuras disipativas en equilibrio son organismos muertos.

Un cáncer resulta de la activación de un oncogen, fenómeno que obedece a diversos eventos intracelulares: mutación, translocación cromosómica, amplificación, inserción y *deleción* (supresión).

La vida pretende crecer y multiplicarse, pero cuando las células cooperan en la construcción de un organismo superior, su crecimiento debe ser regulado. Un organismo superior sólo es posible bajo una política de crecimiento represiva. Y también muy rigurosa, porque las células de los mamíferos se duplican cada 24 horas. Aun la más pequeña de las libertades puede resultar fatal. La célula cancerosa no obedece a los impulsos regulatorios del organismo. Cualquier cambio, en cualquier lugar, puede influir en forma devastadora sobre la totalidad del sistema, que es el organismo sobre el cual se desarrolla el neoplasma.

Los efectos carcinogénicos son irreversibles: las células no pueden recuperarse de la acción de un agente

carcinogénico químico. La carcinogenesis es un proceso acelerado, en el cual las dosis del agente cancerígeno se acumulan en forma amplificada. Su comportamiento, como entidad definida, es caótico e impredecible por los métodos de análisis convencionales, y sólo puede ser expresado en términos no de certidumbres sino de probabilidades.

Establecido el nuevo patrón de estructura disipativa gracias a su estado muy alejado del equilibrio, el continuado crecimiento del cáncer y su organización dependen del flujo de energía y recursos provenientes del huésped, el cual es un sistema adaptativo. Cuando la capacidad de adaptación del huésped es sobrepasada por el neoplasma, éste adquiere la categoría metabólica y estructural de “organismo primario” y el huésped va a la muerte.

Bajo la perspectiva de la dinámica de los organismos complejos adaptativos y de las estructuras disipativas, el organismo humano va inexorablemente hacia el deterioro, la muerte y la disipación, o sea que el proceso normal de la vida es uno de entropía creciente. Por el contrario, el cáncer aparece como un sistema de organización y crecimiento “desbocado”, ilimitado y, por consiguiente, es un sistema autónomo de entropía decreciente. La combinación del organismo huésped y su tumor es de naturaleza opuesta e implica un manejo diferente: disminuir la entropía en el paciente y aumentarla en el tumor.

Teóricamente, el crecimiento del cáncer y su impacto sobre el huésped pueden ser controlados –a la luz de las teorías de *caos*, *complejidad*, *organismos adaptativos* y *estructuras disipativas*– interrumpiendo la formación del nuevo orden estructural y funcional o controlando sus procesos metabólicos para llevarlos al equilibrio, o sea a la suspensión, o bien estimulando la adaptación del huésped a la estructura parasitaria de cuya propia materia se originó. Es un planteamiento de física teórica, para contrastarlo con los planteamientos tradicionales de ciencia natural.

## Conclusión

*Complejidad* y *caos* se refieren a relaciones, a patrones, a conectividad, a contexto. Tratan de descubrir patrones ordenados en los sistemas caóticos no lineales y aunque no logran predicciones así las partes del sistema obedezcan a ecuaciones deterministas, sí pueden predecir aquello que se ajusta a las características cualitativas del comportamiento del sistema, aunque no a valores precisos en un momento determinado. De aquí la importancia de considerar el cáncer desde la perspectiva del concepto de caos y de la teoría de la complejidad.

¿Se podría pensar que las dos teorías, la de la *complejidad* y la del *caos*, como lo creen algunos, ya han fallado y apenas exhiben amplia retórica pero sólo modestos descubrimientos? Para la medicina, que hoy contempla a la naturaleza, al hombre y a la sociedad en forma integral, bajo la óptica de la *biología evolutiva*, la *cibernética* y la *sociobiología*, la de los *sistemas complejos adaptativos* y de las *estructuras disipativas*, o sea bajo una gran amplificación del *concepto infomédico* de Foss y Rothenberg, su estudio y análisis, comprensivamente cobijados por las teorías de caos y de complejidad, se convierte en algo obligatorio (Patiño 2002). Especialmente en el campo de la oncología, que hoy es enfocado desde la amplia perspectiva de la genética, que es una perspectiva de ciencia natural. Proponemos verla, además, desde la perspectiva de la física teórica, la de los sistemas complejos adaptativos y de las estructuras disipativas, la cual provee entendimiento adicional y abre posibilidades diferentes de manejo.

Y de todas maneras, porque las dos teorías, la del caos y la de la complejidad, representan una nueva forma de diálogo con la naturaleza y permiten el avance en el estudio del orden como concepto abstracto, y porque además fundamentalmente son investigadas y analizadas en el computador, se mantienen vivas y plenamente vigentes como campo fructífero de disquisición intelectual, de pensamiento sistémico y de investigación científica.

## Abstract

*Chaos is the conventional term to designate the non periodic behavior that characterizes systems that are called chaotic. Complexity is the emerging science located at the frontier of chaos and order. Caotic systems may possess states of dynamic equilibrium, which by necessity are unstable. Equilibrium is unstable when slight perturbations may induce great subsequent effects, such as the “butterfly effect”: the flight of a butterfly in Beijing may give rise to a storm in New York. The human organism maintains the unstable equilibrium that corresponds to its own nature: a caotic system of high level of complexity. Diseases, trauma, and especially cancer, produce profound impact over its organic and functional organization, and the corresponding alterations exhibit amplified repercussions.*

*Cancer is a “parasitic” entity, whose uncontrolled development leads to the organization and autonomous growth of a new biologic system—the tumor—in the host organism. I propose to look at cancer beyond natural science, in the context of the chaos theory and the science of complexity, as a random phenomenon functioning on an **adaptive complex structure** and far distant from equilibrium, a new state of matter that depends on the continuous flux of energy and resources from the host, but which exhibits a tendency toward continued and unlimited growth and a chaotic behavior that can not be predicted by conventional methods of analysis, and can only be expressed not in term of certainty, but of probability.*

*When the adaptive capacity of the host is overcome by the neoplasm, the neoplasm acquires the metabolic category of “primary organism” and the host advances to its death. By contrast, the malignant tumor appears as an autonomous system of decreasing entropy. The combination of host and tumor is of opposing nature and implies different management: diminishing the entropy of the tumor and increasing the entropy of the host.*

## Referencias y lecturas recomendadas

- CAPRA F. La Trama de la Vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Editorial Anagrama. Barcelona, 1996.
- DAVIES P. El Universo Desbocado. Salvat Editores SA. Barcelona, 1985.
- FOSS L, ROTHENBERG K. The Second Medical Revolution: from Biomedicine to Infomedicine. New Science Library. Boston, Shambhala, 1987.
- GLEICK J. CHAOS. Making a New Science. Penguin Books. New York, 1987.
- ISAZA JF. De la certidumbre al caos. Consigna Año XXV, No. 468, 2001. Pág. 49-54.
- LEWIN R. Complejidad. El Caos como Generador del Orden. Metatemas 41. Tusquets Editores. SA. Barcelona, 1995.
- LORENZ EN. La Esencia del Caos. Un campo de conocimiento que se ha convertido en parte importante del mundo que nos rodea. Editorial Debate SA. Madrid, 1995.
- MALDONADO C.E.: Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad. EN: Visiones sobre la complejidad. C.E. Maldonado (ed.) Colección Filosofía y ciencia, vol. 1. Ediciones El bosque. Santafé de Bogotá, 1999.
- MONROY OLIVARES C. Teoría del Caos. Alfa Omega Grupo Editor SA. México DF, 1998.
- PATIÑO JF. Caos y complejidad: las ciencias del siglo XXI. Lecturas de Nutrición 6 (3):35-42, 2000.
- PATIÑO JF. Las teorías de caos y de complejidad en cirugía. Rev Colomb Cir 15:209, 2000.
- PATIÑO JF. Computador, Cibernética e Información. Prólogo de JF Isaza. Bogotá Panamericana Editorial Ltda. 2002.
- PRIGOGINE I. ¿Tan Sólo Una Ilusión? Una exploración del Caos al Orden. Tercera edición. Tusquets Editores SA. Barcelona, 1993.
- PRIGOGINE I. El Fin de las Certidumbres. Editorial Andrés Bello. 5ª edición. Santiago de Chile, 1997.
- WALDROP MM. Complexity. A Touchstone Book. Simon & Schuster. New York, 1992.

Correspondencia:

JOSÉ FELIX PATIÑO

[jfpatino@fsfb.org.co](mailto:jfpatino@fsfb.org.co)

Fundación Santa Fe de Bogotá