

SECCION EXTRA-MED

UNA REVOLUCION EN MARCHA

II

Dr. Pablo Iñiguez

En el aspecto biológico los trabajos de Stuart Kauffman introducen aspectos de innegable interés, primero, en lo que concierne a la diferenciación de las células al producirse las sub-divisiones embrionarias y segundo, con respecto a las características morfológicas de los organismos.

Esos trabajos tienen un fundamento matemático y para evaluar su significado es conveniente señalar algunos aspectos de la vida y de la personalidad de este investigador no ortodoxo.

En 1957, su aspiración era escribir obras teatrales, pero en menos de un mes y después de dos intentos frustratorios, abandonó la idea y decidió estudiar filosofía en Dartmouth, donde se graduó (Phi Beta Kappa).

En 1961 obtuvo una beca para estudiar en la Universidad de Oxford y considera ese episodio como una época maravillosa de su vida. Pero decidió que para ser un buen filósofo había que tener por lo menos la mentalidad de Emmanuel Kant y no le agradó la idea de competir con el creador de la "cosa en sí". Consecuentemente, abandonó la filosofía y optó por seguir los pasos de Hipócrates y Galeno.

En 1964, tomó un curso de pre-médica en la Universidad de Berkeley, California, orientado hacia la biología y la embriología. En esa época, una de las características dominantes en el ambiente de Berkeley

era el radicalismo político e inicialmente se vio involucrado en movimientos de protesta antibélica, pero pronto se convenció de que esa no era la mejor manera de aprovechar su tiempo.

En los inicios de la década del 1960 hubo gran entusiasmo en la biología molecular al dilucidarse el código genético con los trabajos realizados en el Instituto Pasteur por Francois Jacob y Jacques Monod quienes obtuvieron el Premio Nobel por esa brillante labor. Ellos descubrieron el mecanismo de retroalimentación que regulaba el funcionamiento de los genes, como si usaran interruptores moleculares con un sistema binario semejante al de una computadora. Kauffman se enamoró de ese tema de investigación y se dedicó totalmente a la embriología.

Le fascinó sobre todo el estudio de los procesos que conducen a la diferenciación de las células que van a constituir la multiplicidad de órganos con funciones distintas. Desde la célula conjuntiva hasta la neurona.

Según refiere, él mismo, se preguntaba obsesivamente:

¿Cómo es posible que 100,000 genes del ser humano puedan producir y organizar 250 tipos de células diferentes?

Y entonces, a partir de los trabajos de Jacob y Monod, creyó que podría poner las cosas en su sitio.

Pudo observar que un sistema con una red de comunicaciones intergenéticas, como el que había construido en Oxford, se ajustaba a las conclusiones de los investigadores franceses.

Aunque Kauffman sólo tenía conocimientos elementales de embriología e igualmente rudimentarios en matemáticas, no vaciló en acometer una empresa en la que ya habían fracasado científicos y matemáticos renombrados. A ese respecto, nos dice:

"Mi ignorancia era una fuerza. Si yo hubiera tenido una educación apropiada en biología y hubiera sabido matemáticas me habría dado cuenta de que lógicamente mis pretensiones no tenían posibilidades de éxito y no habría intentado conseguir mi propósito".

Su convicción de que el proceso de selección natural que propone el Evolucionismo era insuficiente para orquestar la actividad de 100,000 genes en el genoma humano y producir 250 tipos diferentes de células constituía su mayor estímulo. Señala que los estados potenciales de actividad genética en esas circunstancias alcanzan la cifra de $10^{30,000}$ lo que representa una cantidad muy superior al número de átomos de hidrógeno que existen en el universo. Con evidente satisfacción, expresa "Siempre he estado seguro de tener una mejor solución, aunque no parezca razonable por ser absolutamente contraintuitiva. Imaginemos una red en la cual los genes están ordenados con la posibilidad de estar cada uno activo o inactivo dependiendo de su interacción con los demás. Pero agregemos que cada conexión entre los genes es asignada al azar.

¿Puede uno esperar que de esa situación surja un orden? Lógicamente no debería, pero resulta que, en contra de la lógica, el orden se establece de manera inequívoca".

El modelo introducido por Kauffman corresponde a un sistema denominado Booleano en honor a George Boole, el inglés que inventó el enfoque algebraico de la lógica matemática. La red pasa por una serie de estados y en un momento dado, cada elemento contenido en ella es capaz de examinar los estímulos que recibe de los otros y, entonces, adquiere uno de los dos estados posible: activación o inactivación, según las reglas establecidas en el sistema para responder a las señales. Ese mecanismo se repite en etapas sucesivas. Teóricamente, la red puede recorrer todos los estados posibles antes de repetir uno de ellos, pero en la práctica, sin embargo, se producen verdaderos ciclos donde varios estados pasan de uno al otro en organización circular repetitiva que se conoce como "state cycle" (estado cíclico) que implica la presencia de "attractor".*

* El término attractor es de uso común en el estudio de las células complejas y caóticas y para dar una idea superficial de su significado podría decirse que es un componente que atrae o condiciona la ocurrencia de un hecho que con tarjeta fuera de lugar, invalida los resultados.

frecuencia es la aparición del caos.

El número de atractores puede multiplicarse. Kauffman comenta: Yo pasaba horas trabajando manualmente con esas redes matemáticas. Mis libros de farmacología tienen los márgenes llenos de cálculos, esquemas y anotaciones al respecto. Pero la velocidad con que crece el número de posibles estados aún en redes pequeñas es asombrosa y rápidamente se hace imposible manejarlos. Para pasar de ocho elementos es imprescindible la ayuda de la computadora. Consecuentemente, busqué una persona que me enseñara a hacer mis programas y llegué a correr una red de 100 elementos, cada uno con dos posiciones y repartidos al azar.

De ese modo, en 1985, cuando Kauffman tenía 24 años de edad y estudiaba el segundo año de medicina en la Universidad de California, en San Francisco, tenía ya en su mente ideas tan desconcertantes como la negación de los mecanismos de selección natural en que descansa el Evolucionismo. Un día se presentó ante un grupo de expertos en cómputos y comenzó a barajar sus tarjetas de datos antes de entregárselas al programador.

Todos lo miraron como si estuviera haciendo una locura, pues lo primero que requiere un programa para dar resultados correctos, es que los datos de A ese respecto, nos dice, todavía: "Desde entonces, tenía la inmovible convicción de que tenía la razón". Basta pensar que mi pequeña red de 100 elementos implicaba la posibilidad de 10^{30} estados diferentes que revisados al ritmo de un estado por segundo, tomaría un centenar de millones de millones de veces la edad que tiene el universo. Además tenía que pagar de mi bolsillo el tiempo de uso de la computadora y si este se extendía por unos días me habría resultado incosteable.

Ante esa situación, agrega: Había que ser demasiado inocente para intentar lo que hice. Pero tuve una suerte extraordinaria. El estado de ciclo se produjo al recorrer solamente 16 estados y el ciclo, en sí mismo, contenía cuatro estados.

Al ver el resultado exclamé: ¡Dios mío! He hallado algo muy profundo. Y todavía sigo creyendo lo mismo. Es la cristalización de orden obtenido de sistemas masivamente desordenados. Es la obtención gratuita del orden.

Las consecuencias de ese descubrimiento se siguen extendiendo día tras día.

La teoría de la auto-organización de los sistemas complejos, cada vez encuentra nuevos terrenos donde puede aplicarse.

Sin embargo, creo necesario señalar en contra de la postura de Kauffman, que sus hallazgos booleanos no tienen que contradecir, necesariamente, los mecanismos de selección natural que propone el Evolucionismo. Sino que pueden considerarse como expresiones matemáticas complementarias a las ideas

Darwinianas. No es difícil ver involucrado en este caso, el valioso Principio de los Opuestos Complementarios que tan brillantemente elaborara Niels Bohr.

De todos modos, lo importante es reconocer el valor incalculable que tiene para el avance de la ciencia el estudio de las complejidades y de las situaciones caóticas.

Es probable que algún lector se pregunte en estos momentos: ¿Cual es la diferencia y qué relaciones existen entre estas dos condiciones?

En vez de contestar directamente la pregunta prefiero reproducir lo que dice Roger Lewin en su celebrado libro, "Complexity. Life at the edge of Chaos".

"He hecho la misma pregunta a muchos expertos y me agrada la respuesta que me diera Chris Langton, un brillante investigador especializado en esta nueva rama de la ciencia: "El caos y la complejidad siguen el uno a la otra alrededor de un círculo, tratando de averiguar si son iguales o diferentes. En sentido general, puede decirse que la complejidad está entre el orden y el caos, mientras la vida a su vez, parece hallar el ambiente más propicio para aparecer y mantenerse, en el mismo límite del caos. Por otra parte, son evidentes las situaciones caóticas en las funciones biológicas más elevadas, como son el funcionamiento del corazón, de los riñones y del sistema nervioso.