



Matemáticas, complejidad y vida



(Ilustraciones: Getty Images Latin America / Photo Researchers)

Marcos López Pérez

*Para cada problema complejo existe una respuesta
que es clara, simple, e incorrecta.*
H. L. Mencken

EL CONCEPTO “VIDA”, TAL Y COMO SE PRESENTA ante nuestra realidad cotidiana, no ha dejado de estar envuelto por un halo de misterio desde la noche de los tiempos, y aunque la indagación desde una perspectiva biológica nos permite vislumbrar algunos de los enigmas que encierra, la emergencia de cuestiones trascendentales nos obliga a incorporar disciplinas transversales como la complejidad y las matemáticas.

Teorías del origen de la vida

Desde un punto de vista holístico, el concepto “vida” ha sido abordado por grandes pensadores, desde Aristóteles, hasta físicos como Schrödinger. Sin embargo, y como frecuentemente ha actuado el ser humano en la construcción del conocimiento, para facilitar la comprensión del fenómeno, atomizaron el concepto y lo subdividieron en partes más inteligibles. En el

devenir de la historia, esta noción fue monopolizada por los biólogos, quienes desentrañaron los aspectos estructurales y funcionales de los ladrillos primigenios que configuran los sistemas vivos. Esto trajo consigo planteamientos para explicar cuestiones como el origen de la diversidad biológica. No fue sino hasta que Darwin y Wallace expusieron sus teorías que la tesis evolucionista se impuso sobre los postulados creacionistas. El nuevo escenario sobre el origen de la diversidad se dibujaba nítido, dejando entrever que las adecuaciones de unas especies sobre otras respondían a la dinámica de la evolución y la selección natural. Resuelto este problema, algunas deliberaciones que emanaban de la Teoría Evolutiva, giraban en torno a la hipótesis del ancestro común o “LUCA”. La lógica emergente de esta teoría sobre la génesis de la vida en la Tierra obligó a retrotraerse más en el tiempo, hasta lo que se bautizó como la *era de la química prebiótica*. En este contexto, surgieron gran variedad de teorías que intentaron arrojar luz sobre esta organización de la materia, “lo que se entendía como vivo”. Uno de los trabajos que más repercusión tuvo fue el experimento de Miller, quien emuló la atmósfera primitiva y obtuvo sorprendentemente moléculas orgánicas. Las conclusiones que *a priori* derivaban de estos resultados generaron muchas esperanzas en la comunidad científica. Sin embargo, nunca se ha logrado estructurar la complejidad que requiere lo que hoy llamamos vida. En este punto, nos encontramos en una interfase del conocimiento, donde es necesario incorporar disciplinas cuyo marco conceptual trasciende la biología.

Concepto de complejidad y propiedades emergentes

En sentido holístico, el término complejidad indica sucintamente que el todo no es la suma de las partes, o dicho de otra manera, en la concepción de algo complejo podemos “deducir” su totalidad de sus constituyentes mas no así “reducirlo” a los mismos. Este concepto debe ser entendido en



el marco de las “propiedades emergentes”; por ejemplo, si examinamos un átomo de mercurio a 25°C, no lo podemos reconocer como un fluido, o asignarle características metálicas; sin embargo, si analizamos un grupo de átomos, entonces sí podemos identificar las propiedades con que conocemos a este elemento. En vista de lo anterior, es lógico inferir que la agregación molecular conlleva inherentemente la emergencia del concepto que queremos acotar dentro del término “propiedad emergente”. Por otra parte, es importante diferenciar entre orden y complejidad, en este sentido podemos identificar un sistema ordenado como aquel que está constituido por un bajo número de clases de elementos con una articulación “ordenada”, por el contrario, cuando nos referimos a un sistema complejo, estamos hablando de sistemas con un número muy alto de clases de elementos en un estado ordenado. Además, en los sistemas complejos encontramos asimetrías, cambios de ritmo, incrementos o decrementos de sus constituyentes, e incluso imbricados dentro de este sistema, otros subsistemas con niveles de complejidad diferentes. Para ejemplificar estas nociones,

imaginemos que nos damos a la tarea de definir un ser humano mediante el análisis de sus partículas subatómicas. En esta circunstancia, se palpa inequívocamente la importancia de los niveles de organización de la materia, los cuales subyacen a la “densidad” del concepto de complejidad.

A continuación, me referiré a una idea que coadyuva con el concepto de complejidad: “las leyes de la complejidad emergente”. El planteamiento de esta locución debe ser contextualizada en todas las escalas de organización de la materia en el cosmos, desde las estructuras atómicas hasta los cuásares de galaxias en los confines de nuestro universo. Sobre este escenario es posible esbozar este término como una tendencia inherente al espacio-tiempo que determina la agregación de los constituyentes fundamentales mediante fenómenos como la auto-organización y la adaptación. En palabras de Paul Davies, eminente físico y divulgador, “la ley de la complejidad emergente es evidente en todas partes del universo, en nosotros y en todo alrededor de nosotros, es inequívoca de forma aplastante e incuestionable”.



La vida, ¿una propiedad emergente?

¿A qué nos referimos cuando hablamos de la complejidad en los sistemas vivos? La lógica de esta argumentación nos debe llevar a una respuesta que converge con el concepto de propiedad emergente. La otra pregunta a la que inevitablemente nos lleva este análisis de la historia natural en relación a la complejidad es ¿por qué la complejidad se incrementa en función del tiempo? En este sentido, es interesante señalar que los sistemas biológicos han evolucionado perfilando algunas

tendencias comunes. Desde un punto de vista energético, podemos entender la complejidad en los sistemas vivos como una suerte de “entidad cuantizada”. Su dinámica se puede imaginar en una línea temporal, es decir, inicialmente es más simple, y gradualmente va *in crescendo*, una vez alcanzado un nivel de complejidad superior le sobreviene un periodo de estabilidad, lográndose un nuevo estatus, lo que cualitativamente podríamos entender como un nuevo peldaño en la complejidad. En la historia natural se han producido extinciones masivas. En estas situaciones se ha constatado que los organismos con menor complejidad han logrado un mayor éxito en la sobrevivencia. Los más complejos acusan los cambios y, consiguientemente, se extinguen. Teniendo esto en cuenta, es interesante reflexionar sobre el comportamiento de la materia viva. Ante una eventualidad catastrófica, donde reiteradamente los organismos más simples han tenido más éxito evolutivo; una vez que las condiciones se estabilizan, emergen de nuevo y con niveles superiores de complejidad. En esta línea se podría argüir que los procesos evolutivos deberían influir en la reversión del incremento de la complejidad. Sin embargo, el análisis paleontológico demuestra lo contrario, observándose únicamente fenómenos de reversión puntuales, mas no cambios cualitativos en la complejidad. La pregunta que inmediatamente surge es ¿por qué?

Complejidad y auto-organización

Llegados a este punto, es necesario hacer referencia a los principios de la emergencia de complejidad enmarcados dentro de la física. Es pertinente aludir al término *auto-organización*, el cual ha sido definido por algunos autores como “el proceso mediante el cual surgen espontáneamente patrones estructurales de las interacciones entre los subcomponentes del mismo”. Este concepto ha sido objeto de análisis en muchas disciplinas, pero el interés de este texto se centra en la termodinámica, donde los entes vivos son entendidos como sistemas que han adquirido un elevado grado

de orden, mediante el incremento de la entropía en el medio que les rodea. En este marco, es posible inferir que los procesos de auto-organización conllevan de forma consustancial un incremento en la complejidad de la materia, que cuando sobrepasa un umbral crítico, inevitablemente emerge lo que denominamos “vida”. La contextualización de este argumento en la evolución nos lleva al planteamiento de cuestiones de importancia crucial como: ¿por qué a pesar de que las formas más simples de vida son más resistentes a cambios del ambiente la complejidad no disminuye?, ¿existe alguna premisa física que condicione esta tendencia?, ¿son las leyes que rigen la complejidad emergente las que determinan esta tendencia?

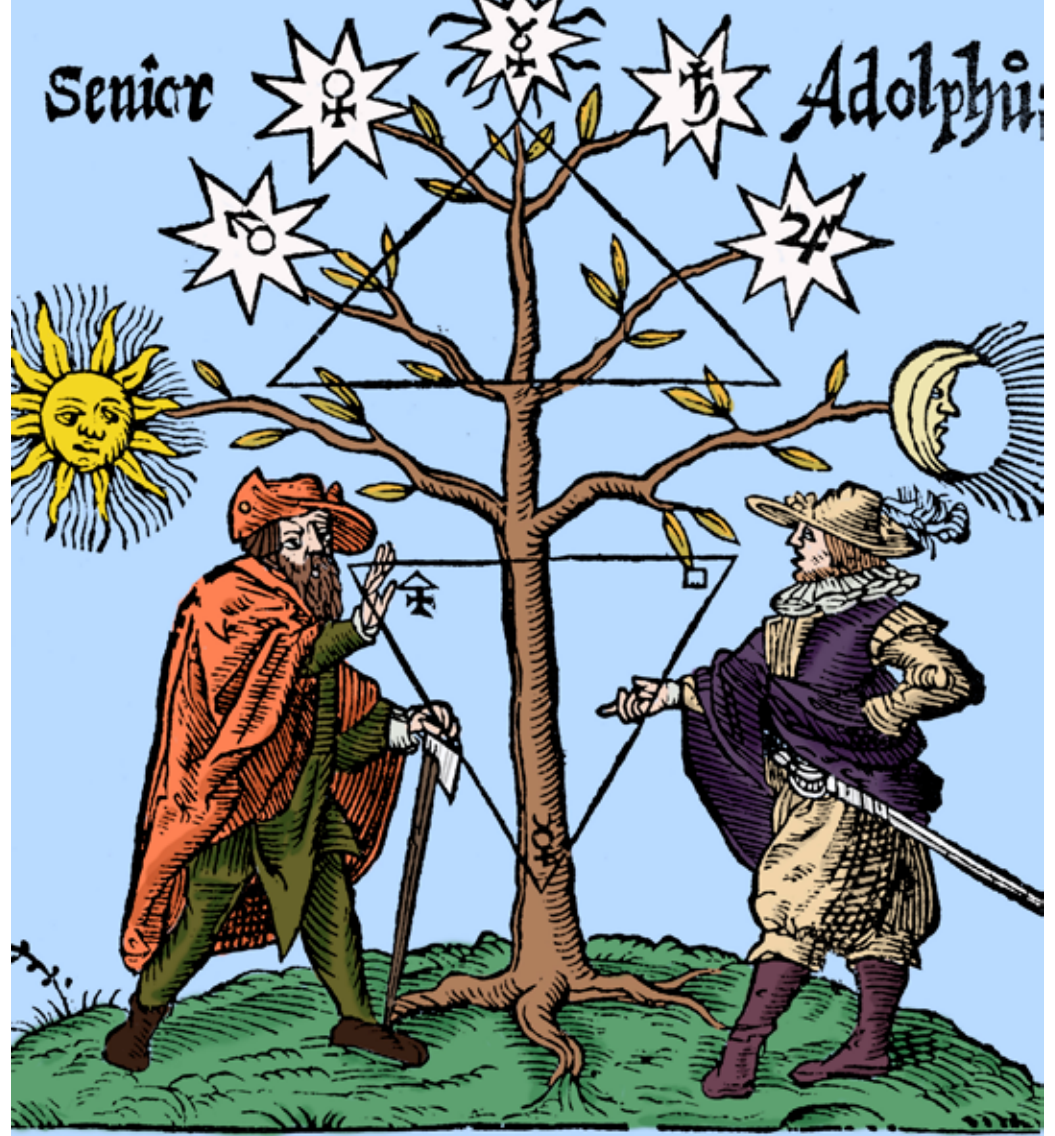
La vida, una etapa en el camino de la materia en el universo

¿Es la vida un imperativo cósmico, como sugiere C. De Duve? Parece que hay argumentos que apuntan en esa dirección. Pero si especulamos podemos ir más allá: ¿es posible que las leyes de la complejidad emergente determinen no solo la emergencia de la vida sino la aparición de estructuras supercomplejas como la conciencia? Esta tesis fue defendida por el sacerdote Teilhard de Chardin, quien enunció la “teoría de la complejidad-conciencia”, y que por conjuntar su vocación con esta idea tan audaz fue atacado por la ortodoxia eclesial e ignorado por la comunidad científica. En síntesis, lo que dejaba entrever la filosofía theilardiana era una especie de dirección o eje rector en la evolución de la materia del universo que converge en la vida, que crece en complejidad y cuya finalidad es el ser humano. Años más tarde John D. Barrow enunció lo que se denominó “Principio Antrópico Cosmológico”, donde dejaba caer una idea con puntos concurrentes con la de Teilhard. Para ello, se refirió al valor de las constantes de la naturaleza —las cuales determinan que la física del universo sea como es— y que permiten la presencia de la vida, su evolución y finalmente la existencia de observadores conscientes. Esta idea resumida

en la “tesis del ajuste fino” causó mucho revuelo en la comunidad académica que siempre se pronuncia en contra de tesis tautológicas.

¿Evolucionan las matemáticas?

En vista de lo anterior, es preciso apelar a la ciencia más transversal, las matemáticas. Pero ¿por qué es necesario reflexionar sobre la naturaleza de las matemáticas? La razón primordial se enmarca en que no conocemos por qué esas constantes toman el valor que toman. ¿Es posible encontrar respuestas aquí? Sorprendentemente, buscar respuestas en este campo nos conduce a un nuevo dilema: ¿puede la dinámica evolutiva explicar la estructura matemática?, ¿se debe razonar una tesis creacionista en tal caso? Actualmente y según matemáticos de vanguardia, se pueden diferenciar dos tipos de matemáticas, aquellas que son teorizadas como el sistema binario, y las matemáticas —como el cálculo— que describen el funcionamiento del universo. En el primer caso, postulan que se inventan, en el segundo se descubren. Esta intuición nos lleva a la siguientes preguntas: ¿es posible que las matemáticas que describen el universo sean de otra manera?, ¿cómo podemos explicar la increíble precisión de las matemáticas en la descripción del universo? En mi opinión, existen indicios de



que realmente se descubren; por ejemplo, ¿porqué las matemáticas desarrolladas por el hombre a lo largo de la historia son coherentes entre sí? Si fueran inventadas, ¿no esperaríamos encontrar materias como la música o el arte? ¿Tiene sentido aseverar que números irracionales como e fueron inventados? La cuestión que se debe tener presente para relacionar lo anterior con esto —si aceptamos que las matemáticas han sido invariables desde siempre— se circunscribe a que es posible colegir que éstas impregnan cada una de las leyes físicas y con base en esto es plausible plantearse ¿qué efecto tienen las matemáticas sobre el funcionamiento de la física? ¿Es por ende la dinámica de la complejidad emergente dependiente de la estructura invariable del castillo matemático? *Ergo*, ¿determinan las matemáticas junto con la física la aparición de la vida y la conciencia en el universo? Dirimir esta cuestión, a pesar de los esfuerzos de los grandes pensadores para argumentar una u otra postura, es finalmente una cuestión de fe. ▀