

# **¿Puede la naturaleza producir mecanismos con complejidad irreductible?**

**Por Cristian Aguirre**

La complejidad irreductible es hoy, para gran parte del consenso científico biológico, una idea aborrecible considerada más como un juicio empírico de Michael Behe versado sobre la enorme complejidad funcional de las maquinarias y procesos bioquímicos de la vida, que lo que es en realidad; un concepto matemático común y silvestre.

En muchas disciplinas científicas y técnicas se habla de una "función mínima" cuya complejidad no puede ser menor. El primer teorema de Shannon, por ejemplo, menciona que un mensaje no puede comprimirse a una cantidad de información menor que la entropía del canal que lo transporta. Esta entropía es pues su complejidad mínima. Tanto en informática como en la ingeniería se sabe que existen soluciones con complejidad funcional mínima. No es pues este concepto un invento de Behe. Lo que sucede es que el naturalismo metodológico quiere proponer para la biología que las matemáticas de la ingeniería no sirven en los mecanismos de la vida porque para ellos los mismos no están diseñados, sino que surgen de procesos naturales.

Por ello tratan con denuedo de demostrar que los ejemplos de complejidad irreductible propuestos por Behe si son reductibles a través de dos argumentos principales:

1. La multifuncionalidad de algunos componentes.
2. La existencia de precursores menos complejos.

Con ambos argumentos, que trataremos con mayor profundidad más adelante, se precisa demostrar que los componentes bioquímicos de un supuesto mecanismo irreductiblemente complejo ya existen en otros contextos o maquinarias moleculares. De ser así los mismos no habrían surgido por diseño como componentes específicos del complejo irreductible, sino que podrían ser producto de un proceso evolutivo que los contextualizó previamente como parte de un contexto precursor menos complejo. Si seguimos esta lógica encontraríamos un gradualismo que, con la suficiente resolución, nos puede llevar a explicar evolutivamente las complejas maquinarias moleculares biológicas.

Es pues este último punto el núcleo de la discordia. El desafío que la complejidad irreductible propone al gradualismo de la Teoría Sintética consiste en refutar que el avance en la complejidad funcional de un ser viviente se suceda mediante una "suave

rampa", tal como lo propone el biólogo Richard Dawkins, sino más bien como una escalera con escarpados escalones. Si para la Teoría Sintética el incremento de complejidad funcional necesita de una rampa para ser verosímil, la complejidad irreductible establece que tal rampa no existe y con ello toda verosimilitud de poder explicar mediante el gradualismo el incremento de complejidad funcional biológica.

Para responder entonces si la naturaleza puede producir mecanismos con complejidad irreductible es necesario definir con claridad los conceptos implicados. El primer concepto importante que debe ser establecido es definir qué tipo de complejidad está implícita en la complejidad irreductible.

Antes de conocer el concepto de Complejidad Irreductible en una traducción al español del libro de Michael Behe "La caja negra de Darwin" en el año 2006, ya lo había concebido con otro nombre en una investigación personal realizada 10 años antes en 1996, precisamente el año en que Behe publicó en inglés por primera vez su obra. En dicha investigación, que tardíamente fue publicada en 2010 con el nombre de "Elementos de Estructuras Funcionales", conceptualice este mismo concepto denominándolo "Complejidad Mínima Funcional". Si alguna virtud tiene esta denominación sobre la presentada por Behe es que el mismo incluye una pista importante para establecer el tipo de complejidad implícita al señalar que esta es "funcional".

Hay una connotación muy fundamental que la distingue de una complejidad natural, o más bien, desarrollada por la naturaleza. De hecho la misma puede producir complejidad, pero no es de la misma naturaleza que la complejidad funcional.

Veamos un ejemplo:

Tenemos un mapa topográfico de un territorio irregular con montañas, valles, lagos y costa. Si deseo predecir por donde se pueden producir cursos fluviales por efecto del desbordamiento de lagos o la excesiva pluviosidad, el mapa nos servirá para predecir matemáticamente, en función de la localización de las fuentes fluviales y la orografía del terreno, por qué trayectorias el agua se desbordará y difundirá hasta la costa. Incluso puedo calcular en qué puntos de dicha costa llegaran al mar dichos cursos de agua. Sin embargo, ¿Me servirán el mapa y mis conocimientos y métodos matemáticos para evaluar el curso y trayectoria de un sistema de canales artificiales? Definitivamente no.

**Los canales artificiales forman parte de una estructura con complejidad funcional, es decir, que cumple una función, y no de un sistema complejo natural.** Sus trayectorias obedecen a criterios de optimización de coste, longitud, u otros criterios y están en función de ciertos objetivos. **Por lo tanto, los métodos y las matemáticas necesarios para abordarlo son del todo diferentes.** No obedecen a la lógica del terreno, sino que superarán los desniveles con acueductos y los obstáculos orográficos con túneles si es preciso.

En la naturaleza se presentan muchos casos de aparición de orden y organización. Los cristales de hielo de los copos de nieve se organizan en sorprendentes formas irrepetibles unas de otras producto de atractores que los llevan, durante el proceso de congelación, a reproducir una disposición aleatoria en una simetría caleidoscópica hexagonal dado que la estructura cristalina que forma el agua al congelarse es precisamente hexagonal. En la física de plasmas, la física del láser y en la química existen otros ejemplos tales como los relojes químicos y reacciones "mágicas" como la famosa reacción Belousov-Zhabotinsky (BZ) en la que aparecen figuras espirales y colores definidos. Sin embargo, estos ejemplos de complejidad no tienen naturaleza funcional, es decir, no cumplen una función útil a otro agente. Para entender mejor esto resulta necesario considerar qué es una estructura y en concreto qué es una

estructura funcional.

En la naturaleza existe un extraordinario número de sistemas. Estos sistemas están compuestos de diversos elementos que interactúan entre sí con total libertad, aunque, en algunos casos pueden ser canalizados a organizarse de acuerdo a la presencia de ciertos atractores y, cuando adquieren una determinada organización, conforman entonces una estructura.

Un sistema libre puede ser, por ejemplo, un conjunto de piedras desparramadas por el suelo, aquí no importa su número ni su disposición, ni el tamaño de las mismas. Pero desde el momento que surge alguna restricción que afecte el número, la configuración, o las magnitudes de los elementos se tratará de una estructura. **Se puede decir incluso, que dichas restricciones estructuran el sistema.**

Supongamos que tenemos una botella cerrada en la cual hay una mezcla de agua y aceite bastante revuelta, de tal modo que podamos considerar las gotas de agua y las de aceite, dispuestas de manera aleatoria. No importará que proporción de aceite con respecto al agua exista, como tampoco sus cantidades relativas, pues su volumen es irrelevante. Podría en principio considerarse que al estar ésta mezcla en una botella cerrada, se trata de un sistema aislado. Pero lamentablemente, las paredes de la botella no impiden ser atravesadas por el campo gravitatorio, por lo tanto, es un sistema cerrado porque si bien no hay intercambio de materia si lo hay de energía. Con el correr del tiempo el caos reinante de gotas de aceite y de agua revueltas progresará hacia un orden estructural. Las gotas de agua más pesadas por su mayor densidad bajarán, mientras que las de aceite menos densas y pesadas subirán. Al final, perpendicularmente al campo gravitatorio, estarán dispuestas 2 capas de dos líquidos distintos, la más cercana al campo será de agua y la más lejana de aceite. ¿Quién impuso el orden a este sistema en principio libre?; ¿Fue acaso una auto organización espontánea de las gotas de aceite y agua?; No, fue la gravedad que, como atractor externo, impuso la norma colocando los líquidos separadamente de acuerdo con su densidad. El tipo de orden impuesto es estable, lo que significa que cualquier agitación que rompa dicho orden, tenderá una vez libre de la perturbación, hacia un orden impuesto por la gravedad.

Otro ejemplo bastante claro lo constituye el sistema solar, este podría tener más o menos planetas, planetas más grandes que Júpiter o todos inferiores al tamaño de Mercurio. No obstante, seguirá siendo un sistema solar, aunque distinto al que conocemos, con otras masas planetarias, otras órbitas, etc. Regidas, eso sí, por leyes gravitatorias que prohibirán cualquier libertad absoluta. No podríamos hallar, por ejemplo, a Júpiter a la misma distancia que Venus con la misma descripción orbital, como tampoco el año terrestre duraría lo mismo si la masa del Sol fuera la mitad. Aquí también hay un orden estable, ya que, como se ha visto, los elementos de este sistema tienen una libertad autorestringida, de tal manera que un elemento condiciona el estado de otro, en este caso por ejemplo, la presencia de Neptuno afecta el comportamiento orbital de Urano y a su vez Plutón ínfimamente el de Neptuno.

En una definición termodinámica de orden, los desequilibrios termodinámicos y, por tanto, las concentraciones espaciales de energía, definen el orden particular de un sistema y que, como la segunda ley, ordena que dichos desequilibrios se disipen, el orden se transformará en desorden, y como consecuencia existirá ausencia de concentraciones. En este nuevo estado los elementos de un sistema aislado se encuentran en disposición homogénea, no hay zonas especializadas en un tipo particular de elementos, sino que están mezclados sin concierto alguno. Representa el grado máximo de aleatoriedad, el reino del caos.

Pero el orden en un sistema no consiste sólo de concentraciones diferentes de energía

en el espacio, hay otros tipos de concentraciones que no son de tipo energético. Por ejemplo, en una piedra se pueden encontrar trazas de distintos minerales no disueltos sino más bien concentrados en distintos lugares. En un libro la tinta no está concentrada uniformemente por todo el papel, por el contrario está concentrada en determinados puntos con formas que definen caracteres. Un vaso de vidrio presenta una forma especial en la cual el vidrio está concentrado en una lámina que forma una cavidad. En todos estos ejemplos no hay diferencias de temperatura, en cambio hay diferencias en cuanto a la concentración de sustancias, y no solo eso, pues dichas concentraciones tienen forma.

Ahora el orden consiste en la forma que presentan las distintas concentraciones de sustancias en el sistema. No obstante, no hay que olvidar que dichas concentraciones están allí gracias a un proceso en el que, dirigido por algún atractor, se invirtió energía. Por tanto, dichas concentraciones son el rastro dejado por la energía invertida durante su formación. Del mismo modo, y en consecuencia, se invertirá energía en el proceso de deformación.

En conclusión, una estructura es consecuencia de las restricciones propias de las interrelaciones de sus elementos componentes. El orden estructural puede ser impuesto desde fuera, como es el caso de la botella de agua y aceite, o desde dentro, como el sistema solar. De una u otra manera, el motor de la aparición de orden y, por consecuencia, de estructuración, procederá de escenarios en los cuales están presentes desequilibrios termodinámicos.

Visto esto, podemos reconocer que una estructura es un caso particular de sistema, y que por ello, su análisis partirá del estudio de los elementos de éste último.

Los sistemas pueden distinguirse en tres tipos diferenciados por la naturaleza de la interrelación de sus elementos. Para ilustrarlo consideremos los siguientes conjuntos de números:

Conjunto	A(5,4,7,8,2,6)	B(2,5,8,11,14,17)	C(6,4,5,8,2,3)
Tipo	Sistema libre	Sistema autorestringido	Sistema restringido
Norma (estructuración)	No existe	$n(i)=n(i-1)+3$	Es funcional ( $N^{\circ}Telf.$ )
Grado de libertad	Libertad Absoluta	Libertad autorestringida	No hay libertad
¿Es estructura?	No	Si	Si

En el primer caso tenemos un conjunto aleatorio de números, pueden tener cualquier valor en cada posición, ninguno influye sobre el valor de los demás ni es influido a su vez por el valor de otros. El conjunto puede también tener cualquier número de elementos distribuidos en indistintas maneras pues los elementos no se influyen mutuamente para adoptar ninguna configuración resultante. Existe por tanto plena libertad en los tres aspectos y como no existe ninguna regla restrictiva lo llamaremos SISTEMA LIBRE y **dado que no existe norma que lo estructure no es una estructura.**

En el segundo caso, se trata de un conjunto de 6 números, pero pueden ser 3 o 1000, no hay restricción en cuanto al número de elementos. No obstante observamos que las magnitudes de dichos números no tienen una libertad absoluta que permita cualquier valor entre los mismos, pues según la norma de esta serie, un número dado tendrá un valor que dependerá del valor del número precedente, y a su vez, el mismo

afectara el valor del número posterior. Según la regla, dicho valor será igual al último más 3. A este efecto entre los elementos de un sistema se denomina autorestricción. Por lo tanto, llamaremos a este tipo SISTEMA AUTORESTRINGIDO **y como está estructurado por una norma matemática que hace el papel de atractor será entonces una estructura.**

En el tercer caso, no puede haber cualquier número de elementos, ni cualquier disposición, ni cualquier magnitud en cada número. No existe libertad en ninguno de los tres aspectos en modo estricto (número de elementos, magnitudes y orden), aunque en el ejemplo, ya no existe absolutamente ninguna libertad ya que cualquier cambio en número, distribución y valores significaría un número telefónico diferente. En general hay muchos casos en los cuales este tipo de sistemas presentan algún rango de libertad, aunque mínimo, en cuanto a los tres aspectos. Un sistema de este tipo se puede llamar, por tanto, SISTEMA RESTRINGIDO **y es, en este caso, una estructura funcional ya que posee una norma también funcional de estructuración que ha sido especificada para cumplir una función, es decir, un propósito usufructuable por uno o más agentes.**

Cuando vimos los tres tipos de sistemas pudimos notar que de ellos los dos últimos, a diferencia del primero, son casos de estructuras. Ahora bien, ¿Cómo distinguimos con mayor precisión entre ellos cual es una estructura funcional?

Sabemos que ambos casos están estructurados, pero no del mismo modo. En el caso de los sistemas auto-restringidos la estructuración procede de una norma matemática que no es otra cosa que un atractor o grupo de atractores. Este es pues el tipo de sistema sobre el cual actúan principalmente los casos de auto-organización de la materia en condiciones alejadas del equilibrio termodinámico.

**Los sistemas restringidos, en cambio, se estructuran por normas arbitrarias que no obedecen al efecto de ningún proceso físico o químico natural ni a sus condiciones iniciales.** Nosotros y muchos animales somos capaces de crear estructuras funcionales para múltiples y arbitrarios propósitos. Dicha arbitrariedad, no reproducible por ningún proceso natural, es precisamente la que caracterizará a las estructuras funcionales. Como dicha arbitrariedad estará relacionada a un objetivo propuesto por un usuario, entonces, podemos definir que, si una estructura cumple un objetivo para un usuario en particular, está última será una estructura funcional.

Se han realizado muchos trabajos científicos sobre casos de auto organización en sistemas naturales que son sumamente interesantes y útiles para el avance de la ciencia. En los mismos no existe arbitrariedad, sino el concurso de atractores que dirigen un sistema alejado del equilibrio termodinámico para llevarlos a estadios de organización y orden. Contienen puntos de crisis, cambios de fase y efectos sinérgicos que en conjunto condicionan el orden resultante. Sin embargo, hasta ahora todos estos casos naufragaban irremisiblemente en presentar símiles verosímiles de sistemas tan complejos como un sistema vivo.

¿Por qué?

Ilya Prigogine, ganador del Premio Nobel por sus trabajos de la termodinámica del no equilibrio y un auténtica autoridad en la investigación de los sistemas autoorganizativos, evaluó esta situación en una conferencia pronunciada en el fórum filosófico de la UNESCO en 1995 al decir:

“Pero todavía queda mucho por hacer, tanto en matemáticas no lineales como en investigación experimental, antes de que podamos describir la evolución de sistemas complejos fuera de **ciertas situaciones sencillas**. Los retos aquí son considerables. En particular, **es necesario superar el actual desfase en nuestra comprensión entre las estructuras físico-químicas**

**complejas y los organismos vivos por simples que estos sean"**  
(Énfasis en negrita añadido).

Si para Prigogine, ya fallecido, el reto de superar este desfase es considerable, pero aún albergaba una esperanza de superarlo, para los biólogos teóricos David L Abel y Jack T Trevors en su artículo "Tres subconjuntos de secuencias complejas y su relevancia para la información biopolimérica" la imposibilidad está zanjada. En su profundo análisis del tema llegan a la siguiente conclusión sobre las posibilidades de que la algorítmica biológica sea fruto de procesos dinámicos de autoorganización natural:

"Los fenómenos de autoorganización se observan diariamente de acuerdo con la teoría del caos. Pero en ningún caso conocido pueden autoorganizarse fenómenos como los huracanes, los montones de arena, la cristalización, o ser capaces de producir fractales de organización algorítmica. **Una autoorganización algorítmica nunca ha sido observada a pesar de numerosas publicaciones que han hecho mal uso del término. La organización siempre surge de la elección contingente, no de la necesidad o de la oportunidad de contingencia.**

La reducción de la incertidumbre (mal llamada "entropía mutua") no puede medir la información prescriptiva (información que específicamente informa o da instrucciones). **Cualquier secuencia que específicamente nos informa o establece cómo alcanzar el éxito por sí contiene controles de elección. Las limitaciones de la física dinámica no son la elección de los contingentes. Las secuencias prescriptivas se llaman "instrucciones" y "programas". Ellos no son meramente secuencias complejas, son algoritmos de secuencias complejas. Son cibernética. Las secuencias aleatorias pueden tener máxima complejidad, pero las mismas no hacen nada útil. La instrucción algorítmica es invariablemente la clave para cualquier tipo de organización sofisticada, como se observa en cualquier célula. No existe un método para cuantificar la "información prescriptiva" (las instrucciones cibernéticas).**

**La presencia de funciones en el ácido nucleico no se pueden explicar mediante tesis del tipo: "orden surgiendo del caos" o "orden al borde del caos". Los cambios físicos de fase no pueden escribir algoritmos. Las matrices biopoliméricas con alta retención de información se encuentran entre las entidades más complejas conocidas por la ciencia. No actúan y no pueden surgir de los fenómenos autoorganizativos de baja información. En lugar de orden desde el caos, el código genético se ha optimizado para ofrecer algoritmos altamente informativos, aperiódicos y con complejidad especificada.** Dicha complejidad especificada generalmente se encuentra más cerca del extremo no compresible y no ordenado del espectro de la complejidad que a su extremo altamente ordenado (Fig. 4). Los patrones suele ser el resultado de la reutilización de los módulos de programación o palabras. Pero esto es sólo secundario a la elección contingente que utiliza una mejor eficiencia. El orden en sí mismo no es la clave para el uso prescriptivo de la información". (Énfasis en negrita añadido)

¿Cuál es el problema aquí? ¿No será que al pretender conseguir un símil del más simple ser biológico estamos cometiendo un error metodológico al tratar de abordar el análisis de una estructura funcional con los elementos de análisis propios de un sistema natural no funcional? Es decir, ¿No estamos abordando la trayectoria de un canal con los métodos y matemáticas que necesitaríamos para abordar la trayectoria de un río natural?

Pues siendo así estaríamos condenados al fracaso. En base a esto ni Prigogine, ni otros deberían albergar ninguna esperanza de superar el "actual desfase" entre las estructuras físico-químicas y los organismos vivos por simples que estos sean. Y esto porque la vida pertenecería a la categoría de estructura funcional.

Lo expuesto hasta aquí, así como las observaciones citadas ponen en relieve cual es la factibilidad de que la complejidad irreductible pueda ser producida por la naturaleza, pero aun no hemos hecho un análisis de dicho tipo de complejidad para efecto de deducir a priori por qué la naturaleza no puede producirla.

## **El puente teleológico**

Hemos tratado sobre cómo distinguir una estructura natural de otra funcional en base a las características arbitrarias no generadas por ningún atractor o atractores naturales y que obedecen a una consecución funcional. Un código, por ejemplo, es un caso de estructura funcional con características arbitrarias específicas para un determinado sistema de interpretación también arbitrario. En la naturaleza tenemos muchos casos de sistemas complejos, pero, sin embargo, son casos de **complejidad aleatoria no funcional**.

El carbono es un elemento extraordinariamente capaz de enlazarse a otros compuestos químicos formando complejas moléculas. Muchos de estas conexiones poliméricas pueden surgir por enlaces espontáneos y otros con la ayuda de catalizadores. Por último, hay otra fuente de polimerización que requiere de sendas maquinarias proteicas para ser producidas. Cuando progresamos a estructuras más complejas podemos hacernos la pregunta ¿Tienen estas estructuras complejidad irreductible?

El concepto de "Complejidad Mínima Funcional", tiene la virtud, como dije anteriormente, de señalar que esta complejidad irreductible es funcional y por consecuencia tiene una función que cumplir. Esto es muy importante porque nos señala con claridad que una complejidad irreductible solo tiene sentido para estructuras con complejidad funcional, es decir, que sirven para un propósito. Tienen una finalidad.

Cuando Behe popularizó este concepto como argumento para rebatir la capacidad de la naturaleza de producirla, inmediatamente surgieron voces contestarias de que la misma es un argumento falaz y que los ejemplos por él expuestos en su libro "La caja negra de Darwin" no tenían en realidad complejidad irreductible y por consecuencia serían posibles de producir naturalmente por los procesos gradualistas de la Teoría Sintética. Se alegaron las siguientes razones:

1. **Los casos propuestos por Behe contienen muchos componentes funcionales que ya existen en otros contextos moleculares.**
2. **Existen muchos componentes que desligados del mecanismo molecular no colapsan la función.**

Considerando estas circunstancias la pretendida Complejidad Irreductible puede ser de hecho reductible o incluso inexistente y, por lo tanto, susceptible de origen gradualista.

Para explicarlo de forma sencilla analicemos un ejemplo:

Imaginemos el caso de un escéptico de la complejidad irreductible sentado en una silla. Él quiere demostrar que la silla en la que está sentado no tiene complejidad irreductible, por lo tanto, como buen experimentador empieza extrayendo uno de los apoya brazos de la silla. Descubre que sigue sentado y la función de la silla por ello no ha colapsado. Luego extrae el otro apoya brazos y comprueba lo mismo. Ya más convencido que la complejidad irreductible es una pifia extrae el respaldo de la silla y, aunque está un poco más incomodo, aún la función de la silla no ha colapsado. Por último como experimentación final decide extraer una de las patas de la silla y ¡Crash! Ya tendido en el suelo admite finalmente que la silla si tiene complejidad irreductible.

Con este ejemplo, que resalta el absurdo de obcecarse en que tal tipo de complejidad no existe, quiero hacer notar que la complejidad irreductible que yo llamo complejidad mínima funcional es precisamente un punto matemático que marca la frontera entre la función y la no función. No significa que los ejemplos aludidos estén trabajando en dicha frontera. Por lo general la gran mayoría de estructuras funcionales funcionan por encima de este punto incorporando complejidad accesoria.

En nuestra casa hay muchos ejemplos de estructuras funcionales con complejidad irreductible. Por ejemplo, puede abrir una radio (preferible de baterías, no con conexión a la red eléctrica para evitar el riesgo de shock eléctrico) y extraer aleatoriamente componentes electrónicos de la misma mientras esta encendido para así evaluar cuando colapsa la función. Luego puede elaborar una estadística de qué porcentaje de componentes compone la complejidad mínima funcional y qué porcentaje compone la complejidad accesoria. Por otra parte muchos de los componentes de la radio, sino absolutamente todos, pueden estar presentes en otros artefactos electrónicos.

Ahora bien, el que una radio tenga componentes que no colapsan su función y que los mismos pueden pertenecer a otros contextos estructurales ¿Significa que estas estructuras no tienen complejidad irreductible como aluden con insistencia los críticos de este concepto? La respuesta es ABSOLUTAMENTE NO.

Entonces si admitimos que la complejidad irreductible existe y las observaciones expuestas no la inhiben, ¿Que podemos decir con respecto a la complejidad irreductible presente en los mecanismos biológicos? ¿En ellos si es un ilusión?

No nos molesta la idea de encontrar y admitir la complejidad irreductible en los mecanismos artificiales creados por el hombre porque sabemos que la inteligencia humana salva con su ingenio el puente teleológico existente entre la no función y la función.

Pero, ¿Cómo se salva el puente teleológico entre la no función y la función para los mecanismos biológicos con reconocida complejidad irreductible, si se alude que la misma está libre de toda teleología?

He aquí el corazón del problema y el núcleo de la controversia entre el intervencionismo y el naturalismo.

A los biólogos naturalistas les molesta la complejidad irreductible por sus implicancias como puente teleológico. Se sabe que estos puentes son construidos con el concurso de la inteligencia por lo que, alegar que existen en el mundo biológico, sería admitir el asomo de un origen inteligente en el proceso y ello para el naturalismo es inaceptable.

Pero hasta ahora no hemos respondido a la pregunta crucial ¿Podría la naturaleza de algún modo por casualidad o el influjo de la selección natural construir un puente teleológico entre la no función y la función generando complejidad irreductible?

La dificultad que presenta la complejidad irreductible para construir un puente teleológico con los mecanismos de la Teoría Sintética o los de la Teoría de la Evolución Modular consiste en que comporta un número determinado de pasos subfuncionales que la selección natural no puede fijar ya que no representan ventaja alguna para la sobrevivencia.

Para poder concebir en su real dimensión la dificultad de una construcción natural de una complejidad irreductible resulta necesario recurrir a las matemáticas. Las necesarias para tratar este tema son muy sencillas así que no deben intimidar en lo absoluto.

Una estructura cualquiera es un caso de sistema. En concreto existen los sistemas libres, los autorestringidos y los restringidos. Los dos últimos casos suponen estructuración y el último supone una estructura funcional con complejidad irreductible. ¿Por qué decimos esto? Veamos.

Existen 3 maneras como un conjunto de componentes pueden asociarse para formar o no una estructura:

1. Mediante una asociación aditiva. En este caso las funciones de cada componente concurren como, por ejemplo, en un concierto de músicos. Aunque no es lo deseable por el director de orquesta, este sistema puede subsistir incluso con un músico actuando de solista. No tiene complejidad irreductible en cuanto a que sus componentes no están "conectados" funcionalmente. En este sentido, al no tener restricciones que lo estructuren, como conjunto, no es una estructura funcional, aunque sí lo son cada uno de los componentes, es decir, los músicos y es más bien una concurrencia funcional.

2. Mediante una asociación productiva. En este caso las funciones de cada componente están conectadas en una disposición que puede ser simple o compleja, pero con restricciones que las vinculan con mutua interdependencia. A diferencia de los músicos requieren que la función de los demás componentes esté activa para que el resultado funcional exista. Si falla cualquiera de ellos la función colapsa. Esta asociación permite una estructura funcional y tiene complejidad irreductible.

3. Mediante una asociación híbrida. En este caso las funciones de los componentes se asocian tanto de manera productiva como de manera aditiva en una estructura híbrida. Este es el caso de la mayoría de estructuras existentes ya sean artificiales o naturales y por ello podemos encontrar que no todos sus componentes colapsan la función.

Veamos algunos ejemplos:

Imaginemos un concierto en el cual se reúnen un grupo de distintos músicos especialistas en un determinado instrumento musical. Todos ellos se reúnen bajo la batuta de un director de orquesta y, bajo las premisas que haya establecido el director, necesitarán más o menos músicos. Supongamos ahora que durante una presentación un músico no se puede presentar. Si el director lo considera oportuno cancelará la presentación o dirá: "Me bastaré con el resto". Hay quien considerará de modo subjetivo que si quita un instrumento clave en el concierto ya no será perfecta la obra y por ello no puede realizarse con dicha ausencia, pero sin embargo, ello no es

impedimento ABSOLUTO para no poder presentar una obra musical. Supongamos que sucesivamente dejan de presentarse otros músicos y el director aún con un cada vez más reducido número de ellos decide aún presentar el concierto hasta que sólo queda uno. ¿Puede presentar el concierto con un solo músico? Si, será entonces un solista, pero aún tenemos una obra musical.

En el ejemplo hemos visto un caso de ADICIÓN FUNCIONAL, esto quiere decir que el caso presenta un conjunto aditivo de funciones. Cada músico es una función que se SUMA al resto de modo que la expresión matemática de modo sencillo sería:

$$\text{Concierto} = \text{Músico 1} + \text{Músico 2} + \text{Músico 3} + \dots + \text{Músico n}$$

Si cualquier músico se retira desaparece de la ecuación, pero el concierto aún es posible, incluso cuando se retiren todos menos uno. Dado que Concierto no puede ser igual a cero.

Si tomáramos el ejemplo en caso inverso veríamos que el concierto adquiere cada vez nuevos miembros lo cual exige del director saber organizarlos en aras de la armonía musical. Esta agregación funcional aditiva permite un resultado funcional que para el público y director puede ser impresionante, pero que matemáticamente, sino artísticamente, no es funcionalmente abortable por la ausencia de integrantes a no ser que no quede ninguno.

Para este caso la funcionalidad de esta concurrencia funcional C con las funciones del músico 1 como M1, la del 2 como M2 y así con 30 músicos, sería de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = M1 + M2 + M3 + \dots + M30$$

La asociación es aditiva. No hay complejidad irreducible ya que, salvo que colapsen todos el colapso de uno no colapsa a C.

Para el caso de un sistema de telegrafía TG se necesita un telegrafista T1 que traduzca al código Morse de un mensaje y lo envíe a otro pueblo donde otro telegrafista T2 lo traduzca del Morse a texto y se lo entregue al cartero C1 a fin de que lo despache a la casa del destinatario. A TG entonces le corresponde la siguiente expresión:

$$TG = T1 * T2 * C1$$

Aquí se observa que si cualquiera de las tres funciones asociadas productivamente colapsara, es decir, fuese cero, entonces TG será cero. Hay entonces complejidad irreducible.

Sin embargo, si ahora proponemos un caso híbrido con una redundancia en el sistema de entrega que implique 2 carteros en vez de 1. Tendríamos la siguiente expresión:

$$TG = T1 * T2 * (C1 + C2)$$

Aquí si C1 o C2 colapsan no hay colapso en TG a no ser que los dos se declaren en huelga o no estén disponibles, por lo tanto, en este caso híbrido sigue existiendo la complejidad irreducible.

Incluso podríamos establecer la existencia de un umbral U para una concurrencia C

que si colapsara la función. Siendo la expresión del siguiente modo:

$$TG = T1 * T2 * (\sum Ci - U)$$

EN ESTE CASO SI  $\sum Ci$  DESCIENDE HASTA SER IGUAL A  $U$  ENTONCES LA FUNCIÓN COLAPSARÁ.

Para el caso de un receptor de radio de amplitud modulada, por ejemplo, se necesitan 4 módulos o funciones: una función de sintonización "S" para captar por resonancia la señal portadora de la estación elegida, una función de detección "D" para cortar la portadora y dejar solo la parte superior, una función de filtro "F" para unir los picos de la portadora cuyas elongaciones forman la onda de sonido y una función auricular "A" o altavoz para oír el sonido. La expresión sería entonces:

$$\text{Radio} = S * D * F * A$$

La asociación es productiva y, como efecto, si cualquiera de las funciones colapsa, entonces la función de la radio también colapsará.

En los primeros tiempos de la radio se usaban auriculares y no altavoces dado que en las radios primitivas la potencia de la señal de la portadora era suficiente para escuchar el sonido con un auricular pegado al oído. Pero como ello no es práctico se les incorporo un amplificador que permita un volumen mucho más alto del sonido a través de un altavoz. Pero esta función mejora las prestaciones de la radio, pero su ausencia no colapsa la función de la radio.

En este caso la expresión matemática sería:

$$\text{Radio} = S * D * F * A * (1 + \text{Amplificador})$$

Si la amplificación es 1 entonces el volumen de salida estará al 200% de su potencia sin amplificador. Si es 39 entonces el volumen de salida estará al 4000% de su potencia sin amplificador.

Este caso corresponde a una estructura híbrida en la cual vemos como un elemento (el amplificador) puede extraerse sin colapsar la función, aunque a efectos prácticos disminuyan sensiblemente su eficiencia de uso. También aquí tenemos, como se observa por la presencia de los factores, complejidad irreductible.

¿Qué nos dice lo expuesto?

Nos dice que la complejidad irreductible es una propiedad de las estructuras funcionales que poseen componentes asociados productivamente y que el punto de "Ignición funcional" se encontrará en la frontera en la cual todos los componentes funcionales no redundantes estén presentes. Otra forma de definirlo sería cuando el algoritmo que estructura el proceso esté completo. Y el mínimo de recursos necesarios para alcanzar la función constituye la "Complejidad Mínima Funcional" (CMF).

Cuando concurre la presencia de componentes asociados aditivamente al conjunto le dan al mismo una naturaleza híbrida. Estos componentes accesorios que no están involucrados en la CMF de dichas estructuras podrán inactivarse sin causar el colapso funcional de la estructura que los contiene. Lo visto no puede llevar entonces a

proponer un teorema de la asociación productiva:

**Toda estructura en la que se asocie más de un componente de modo productivo tendrá complejidad mínima funcional.**

Lo cual se demostraría del siguiente modo:

Una asociación productiva implica una función que es producto de factores. Si tan sólo uno de los mismos es igual a cero, el producto del conjunto también será cero. En conclusión, si una función sólo es posible con la asociación productiva de un número de  $n$  factores, la complejidad de dicho conjunto representará su complejidad mínima funcional.

Ahora bien, cada una de las funciones puede descomponerse a su vez en otras subfunciones en sucesivos niveles. Por lo que la aparente simplicidad de la expresión de la radio esconde una complejidad mucho mayor y el cálculo matemático de cada uno de ellos es mucho más complejo de acuerdo a cuantos elementos contiene, que magnitudes puede presentar cada componente con su particular matemática implícita y qué disposición u orden pueden presentar.

El problema de la emergencia natural de complejidad irreducible consiste, como ya se dijo anteriormente, en que para construir un puente teleológico entre la no función y la función de modo natural debemos explicar que surjan no solo los componentes necesarios, sino también la sociedad específica u organización necesaria para la consecución del objetivo funcional, y ello mediante mutaciones y el influjo de la selección natural. Pero con estas herramientas no podemos fijar cada componente cuando estos aun no representan ninguna ventaja al organismo que lo comporta y, por lo tanto, la selección natural no puede fijarlas dada su subfuncionalidad. Este problema ya fue conocido en el pasado y en términos similares como **el problema de la preadaptación**.

### **Cómo construir un puente teleológico**

Si bien anteriormente se introdujo el término "puente teleológico" cabe ahora abordarlo con mayor profundidad. Se denomina puente porque debe poder cruzar la distancia matemática existente entre la no función y la función. Se denomina teleológico porque implica una finalidad. No existe función sin finalidad y en consecuencia sin teleología. Esto no significa que un objeto o estructura que suple una función haya sido desarrollada para cumplirla. Yo puedo usar una piedra para romper una nuez que no fue "fabricada" para dicho propósito ni hay inteligencia de por medio. Los monos usan pajitas para extraer insectos para comer. Sin embargo, tanto en el caso de los humanos, los monos y otros animales que usan objetos simples monocomponentes para un propósito funcional, hacen uso de dichos objetos de un modo específico, es decir, no vale cualquier piedra con cualquier forma o cualquier largo de pajita, sino que estos objetos deben ser "elegidos" o incluso transformados inteligentemente para cumplir del mejor modo la función que se les adjudica y por ello terminan siendo teleológicamente ajustados.

Sabemos que la vida está basada en las leyes fisicoquímicas. Pero ¿Puede surgir por el influjo de ellas? ¿Puede las leyes fisicoquímicas organizar asociaciones productivas de componentes químicos con resultados funcionales que sirvan como mecanismos de sistemas vivientes?

Para lograrlo deben cruzar el puente teleológico entre la no función y la función.

Se ha buscado diligentemente mediante diversas investigaciones en sistemas no lineales una auto organización natural que pueda ser símil plausible de la vida. Se ha

elaborado también muchas teorías de abiogénesis que pretenden explicar la emergencia de la vida en la Tierra. Sobre las mismas el propio Ilya Prigogine, premio nobel y gran investigador de este campo, admitía en el foro de la UNESCO que aún están lejos de superar el “desfase” entre las estructuras físico-químicas complejas y la vida. Este desfase no es otro que el puente entre la no función biológica y la función biológica. (1)

Existe una infinidad de compuestos químicos, incluidos los aminoácidos que constituyen las proteínas, que pueden formarse por medios naturales. ¿La vida no podría por extrapolación también surgir de una fortuita polimerización especializada? ¿Que tiene la vida que desafía estos intentos de encontrarle una explicación natural?

Pues tiene algo que se llama PLAN escrito en una cadena de azúcar llamada ADN y cuya estructura fue dilucidada en 1953 por Watson y Crick.

Lo primero que inquieto de este descubrimiento y los realizados en años posteriores es que pusieron en relieve que la vida tenía un CÓDIGO biológico muy similar a un código digital con interruptores, detectores de umbral, señal de inicio, parada, datos de secuenciación de aminoácidos, ARNs y reguladores entre otros elementos de cómputo. Era más digerible la idea de que la vida fuese una máquina compleja. Quizá de alguna manera la naturaleza pueda producir máquinas, pero ¿También computadoras con un código en el que está escrito el software necesario para su funcionamiento? Esto ya es ir demasiado lejos y ello porque conlleva la presencia de 2 agentes no producibles por la naturaleza: **Un sistema de codificación** como el código nuclear y mitocondrial, y **un conjunto de algoritmos (software)** para dirigir las funciones metabólicas, la adaptación al entorno y la reproducción, es decir, un autentico PLAN de funcionamiento y desarrollo.

¿Tienen planes las estructuras no funcionales? No, podemos esquematizar como están espacio-temporalmente dispuestas y como trascurren la evolución de sus atractores para estructurarlas, pero no son planes en el sentido que no las han llevado a la existencia como fruto de construirlas en base a ellas. Un plan implica una construcción inteligente. El viento puede producir silbidos musicales de modo natural, pero no están producidos por ninguna partitura que pueda registrar **un plan de producción a fin de poder ser reproducidas**.

Pero ¿Por qué un plan debe implicar inteligencia? Porque para organizar una estructura funcional se necesita incorporar nodos de decisión en la cual sean ELEGIDAS las acciones a tomar de acuerdo al fin funcional. El plan biológico comporta estas características y las mismas no pueden ser producidas por el solo concurso de leyes y atractores fisicoquímicos.

David L. Abel en su artículo “The Capabilities of Chaos and Complexity” publicado en la “International Journal of Molecular Sciences” describe esta última dificultad:

“El metabolismo emplea principalmente proteínas. Las secuencias nucleótidas en el mARN (ARN mensajero) prescriben las secuencias de aminoácidos que determinan la identidad proteica. La cadena de ADN es principalmente inerte. **La fisicoquímica no juega ningún papel directo en la construcción proteica, el transporte y la catálisis.** Las moléculas biológicas tienen una complejidad bidimensional (estructura biopolimérica secundaria) y complejidad tridimensional (estructura biopolimérica terciaria) son ambas finalmente determinadas por una complejidad de secuencia lineal (estructura primaria; secuencia compleja funcional, SCF). Las proteínas chaperonas que contribuyen al plegado proteico también son a su vez prescritas por el programa digital lineal genético especificado en la

secuencia de ADN.

La genética no sólo utiliza un sistema de símbolos lineales digital, usa un resumido bloque de Hamming para reducir la contaminación de ruido en el canal de Shannon (tripletes de codones para prescribir cada aminoácido). Los anticodones están en extremos opuestos de las moléculas de t-ARN desde los aminoácidos. **La vinculación de cada t-ARN con el aminoácido correcto depende enteramente de una familia completamente independiente de proteínas aminoacil t-ARN sintetasa. Cada una de estas sintetisas debe ser específicamente prescrita por separado en la programación lineal digital,** pero utilizando el mismo MSS. Estos sistemas de símbolos y de codificación no sólo son anteriores a la existencia humana, ellos producen a los seres humanos con su mente antropocéntrica. **La sintaxis de los nucleótidos y el codón de ADN de la prescripción digital lineal no tiene una explicación físico-química.** Todos los nucleótidos se unen con el mismo enlace rígido fosfodiéster 3'5'. **La tabla de codones es arbitraria y formal, no física.** La función semántica/semiótica/bioingeniería necesaria para hacer las proteínas requiere una dinámicamente inerte configuración de interruptores de estados y reordenables vehículos de simbología física. La sintaxis de codones comunica independiente del tiempo, no un "significado" fisicodinámico (prescripción de biofuncion). **Estos significados se realizan sólo después de la traducción abstracta a través de una tabla de codones conceptual . Insistir en que la sintaxis de los codones sólo representa la secuencia de aminoácidos no es, en nuestra mente humana, lógicamente sostenible".** Énfasis en negrita añadido. (2)

Esto último es lo que se pensó luego del descubrimiento de la estructura del ADN. Entonces se creía que lo "natural" sería que dicha secuencia de codones podría sintetizar los aminoácidos uniéndolos por complementariedad, pero ya en 1957 el propio Francis Crick observó en una nota de carácter privado que, *"si se considera la naturaleza físico-química de las cadenas laterales de los aminoácidos, no encontraremos características complementarias en los ácidos nucleicos. ¿Dónde están las superficies hidrofóbicas que distinguen la valina de la leucina y la isoleucina? ¿Dónde están los grupos cargados, en posiciones específicas, que van con aminoácidos de carácter ácido o básico?"*. Luego dice: *"no creo que nadie que examine el ADN o el ARN (ácidos ribonucleicos) piense que son moldes de aminoácidos"*. (3)

Más adelante el propio Crick dio una serie de predicciones que confirmaron que el proceso que parte desde la prescripción de una proteína codificada en el ADN hasta la misma, requería de varios intermediarios, en concreto de una maquinaria para llevarlo a cabo y en efecto así fue descubierto. Si en el inerte ADN se aloja un programa (software) necesitaba una maquinaria (hardware) que fuese capaz de activar vectores de interrupción al igual que en las computadoras humanas. Estas son las zonas de regulación alostérica que, negociando con el medio intracelular y extracelular, pueden activar o inhibir la síntesis de proteínas de acuerdo a un algoritmo de operatividad que controla el metabolismo, la replicación, el control de amenazas y otras actividades fisiológicas.

Si para cruzar el puente teleológico entre la no función y la función en los mecanismos creados por el hombre necesitamos una plan exterior (exoplanificación) para organizar los materiales y la energía con un orden de secuencia en el proceso de construcción incluyendo al mismo constructor como agente ejecutor del plan, en los seres vivos

se precisa de un plan interior (endoplanificación) que organice de forma autónoma los materiales y la energía, pero no sola, siempre con la ayuda del progenitor hasta conseguir una CMF que faculte al nuevo ser a vivir por cuenta propia.

Sin planificación la vida no podría existir ya que necesita llevar su "plan de contingencias" debidamente almacenado en una plataforma de registro de información. Ahora bien, esto nos lleva para el caso de la biología a un hecho a considerar sumamente importante: **no tenemos que armar el puente teleológico de la estructura con la estructura misma, sino que debemos armarlo con el programa que describe como debe formarse.** Esto es similar a decir que para producir un preparado gastronómico más sofisticado no debemos de trabajar añadiendo nuevos ingredientes con particulares disposiciones a un plato de comida previo, sino que debemos aumentar la información prescriptiva necesaria para desarrollar esta ampliación **en la receta**, y ello en el orden adecuado y con la coherencia funcional con la misma. La Teoría Sintética debe trabajar allí y no como se suele alegar algunos haciendo ingeniosas suposiciones de que una determinada molécula se unió a otra por afinidad electrostática y luego con otra que ya participaba en otro contexto molecular y que así, surgió, oh maravilla, un mecanismo molecular con complejidad irreductible.

Tenemos que pretender que las mutaciones tienen que actuar **NO EN LA ESTRUCTURA**, sino el **PROGRAMA QUE DIRIGE SU DESARROLLO** para conseguir la aparición de nuevas funciones que requieren varios genes, zonas de regulación y otros elementos en el ADN para surgir.

En este escenario no sirven las afinidades electrostáticas ni las posibles sinergias funcionales por acoplamiento tan recurridas por los teóricos naturalistas ya que el mismo discurre sobre un algoritmo en el cual la información lineal está **CODIFICADA**. Esto significa que el agente que lo codificó debió de establecer que agentes van a participar en la construcción del mecanismo funcional junto a sus fases, nodos de decisión y la invocación a subfunciones específicas para dichas fases. La naturaleza **NO** crea ni plataformas de información ni crea programas, la inteligencia **SI**.

En conclusión, la naturaleza puede crear complejidad con sociedades productivas de componentes, la química da fe elocuente de ello. Sin embargo dichas estructuras no colapsan para un fin funcional ya que no tienen ninguno. No hay, por lo tanto, complejidad mínima funcional (complejidad irreductible) en estos sistemas. Se construyen y se destruyen en procesos naturales no arbitrarios, influyen y son influidos, pero carecen de función específica. Por otra parte una complejidad con sociedad productiva funcional **es una organización arbitraria especificada para el fin funcional establecido** y no es fruto de ninguna organización fruto del azar ni puede ser generada por atractores fisicoquímicos en sistemas no lineales alejados del equilibrio termodinámico.

Sin embargo, como ya es de sobra conocido, el naturalismo no puede aceptar jamás esta última conclusión ya que considera que la vida tiene que tener producción natural y, aún admitiendo que abunda en ejemplos de complejidad irreductible, lo cual es obvio, se ve obligado a creer que esta deben haber sido también creada por la naturaleza. Algo que ya se ha establecido aquí como un fenómeno a todas luces imposible.

## Referencias:

1. Peter Coveney y Roger Highfield. La Flecha del Tiempo. La organización del desorden. Editorial Plaza & Janes. 1990
2. Ilya Prigogine. ¿Qué es lo que no sabemos?. Traducción rosa María Cascón <http://serbal.pntic.mec.es/~cmunoz11/prigogine.pdf>
3. David L Abel y Jack T Trevors "Three subsets of sequence complexity and their relevance to biopolymeric information".  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1208958/>
4. Berkely Physics Course. – Volumen 5. Física Estadística. Editorial Reverte S.A. 1996
5. Cristian Aguirre del Pino. "Elementos de Estructuras Funcionales". OIACDI. 2010
6. David L. Abel. The Capabilities of Chaos and Complexity. International Journal of Molecular Sciences. <http://www.mdpi.com/1422-0067/10/1/247/>
7. David Berlinski. Sobre el origen de la vida. Sección artículos [www.oiacdi.org](http://www.oiacdi.org)