



## Philosophy of Science

# La Vida en sus Origenes: Las Propiedades Basicas

*Walter Riofrio Rios  
Universidad de Lima, Lima, Peru*

**RESUMEN:** De acuerdo al título la presentación se refiere a un análisis del origen de las funciones consideradas como propiedades insertas en la realidad. Para ello me dedico al estudio de ciertas propiedades biológicas que considera se encuentran en los organismos vivos desde el principio, esta es la razón que incido en la visión molecular de la biología por considerarla como la más apta para estudiar esta problemática. Cuando abordamos los procesos de regulación y expresión de la información genética, vemos que se tenía la convicción de que las variantes encontradas eran indicadores de distintas estrategias que obedecían a un único patrón establecido en los orígenes mismos de la vida. Dicho patrón, involucra la presencia de ciertas estructuras con ciertas propiedades que, a escala molecular, permiten el despliegue de la evolución biológica. Aunque no es mi intención discutir aquí los detalles de la problemática que surge del análisis de las cuestiones teóricas en biología evolutiva, si me interesa dejar claro que los temas que trato tienen, necesariamente, que ponerse en relación con esta área teórica; en particular, con el problema de las unidades de selección y el problema de los criterios de normalidad y adaptación, entre otros. En esta breve presentación me dedico al análisis de los supuestos teóricos que subyacen al problema de la génesis de la expresión genética. Espero mostrar que dicho análisis sugiere una vía para el desarrollo de una teoría de las funciones consideradas como propiedades reales de ciertas cosas del mundo. Vinculado a lo anterior, el objetivo principal de esta presentación es brindar al menos tres argumentos que sustenten la afirmación de considerar a las funciones como un tipo especial de propiedades que se encuentran en ciertos sistemas fisico-químicos. Dichas propiedades, que resultan ser emergentes con respecto a las estructuras moleculares subyacentes, nos permiten hablar de una visión holista compatible con la versión estructural del realismo.

## **Introduccion**

De acuerdo al título, la presentación se refiere a un análisis del origen de las propiedades básicas de la vida consideradas como propiedades insertas en la realidad. Para ello me dedico al estudio de ciertas propiedades biológicas que considero se encuentran en los organismos vivos desde el principio, esta es la razón que incido en la visión molecular de la biología por considerarla como la más apta para estudiar esta problemática.

Cuando abordamos los procesos de regulación y expresión de la información genética, vemos que se tenía la convicción de que las variantes encontradas eran indicadores de distintas estrategias que obedecían a un único patrón establecido en los orígenes mismos de la vida. Dicho patrón, involucra la presencia de ciertas estructuras con ciertas propiedades que, a escala molecular, permiten el despliegue de la evolución biológica. Aunque no es mi intención discutir aquí los detalles de la problemática que surge del análisis de las cuestiones teóricas en biología evolutiva, si me interesa dejar claro que los temas que trato tienen, necesariamente, que ponerse en relación con esta área teórica; en particular, con el problema de las unidades de selección y el problema de los criterios de normalidad y adaptación, entre otros. En esta breve presentación me dedico al análisis de los supuestos teóricos que subyacen al problema de la génesis de la expresión genética. Espero mostrar que dicho análisis sugiere una vía para el desarrollo de una teoría de las propiedades vivas consideradas como propiedades reales de ciertas cosas del mundo. Vinculado a lo anterior, el objetivo principal de esta presentación es brindar al menos tres argumentos que sustenten la afirmación de considerarlas como un tipo especial de propiedades que se encuentran en ciertos sistemas fisico-químicos. Dichas propiedades -que resultan ser emergentes con respecto a las estructuras moleculares subyacentes-, nos permiten hablar de una visión holista compatible con la versión estructural del realismo.

### **El Mecanismo de Expresión**

Hacia finales de los años setenta, el conjunto de pasos que van desde la información almacenada en la molécula de ADN hasta la producción de las proteínas correspondientes estaba prácticamente determinado. Por un lado, la proteína era el último producto de una larga cadena de procesos que daba comienzo en el paso de la información de una porción de la molécula del ADN hacia una molécula de la misma familia, el ARN.

A escala microscópica tenemos entonces a los representantes moleculares de lo que en genética constituye el genotipo (moléculas de ADN y su complemento activo, el ARN), y el fenotipo (las diversas proteínas producidas). Nuestra distinción establece a su vez una taxonomía de propiedades; ya que el genotipo presenta la propiedad de almacenar la información y el fenotipo constituye el portador de ciertas propiedades catalíticas (recordemos a las enzimas) podemos, entonces, asociar a determinadas estructuras moleculares una propiedad específica. Consideramos que estas propiedades son propiedades funcionales; así, el genotipo presenta la función de ser transmisor de la información, mientras que un conjunto importante del fenotipo presenta la función de actuar como catalizador en las innumerables reacciones bioquímicas dentro de un ser vivo.

¿En que consiste la noción de ser portador de información?. Para la molécula de ADN, la noción de información se refiere al conjunto de procesos bioquímicos que conectan al conjunto de secuencias de nucleótidos que conforman al ADN, con el conjunto de aminoácidos que conforman a las proteínas. Una de las funciones más importantes que cumple la molécula de ADN es, precisamente, aportar a la célula el tipo de proteínas que es necesario para el buen desempeño de ella.

Nuestra historia desemboca en una apreciación de lo que podría haber sucedido en el pasado remoto, justo en los orígenes de la vida: después de la producción de la "sopa inicial" que ya contenía aminoácidos y ácidos nucleicos -entre otros productos químicos-, las reacciones que se sucedieron trajeron como consecuencia la producción de las primeras estructuras "replicantes" y las primeras estructuras "catalíticas" Cada una realizando sus

funciones propias, cada función asociada a un tipo particular de estructura. Ya de por sí esta conjetura nos hace pensar en la tesis de un sistema pre-biótico que, en lo esencial, constituye el antecedente inmediato de la aparición de la vida en el planeta tierra.

La cuestión sobre la función de ser portador de información por parte de la molécula de ADN obedece al hecho de no estar regido por una relación nómica preexistente. Es posible pensar en un tiempo en que las proteínas y el ADN no se encontraran en absoluto relacionados. Esto es, las relaciones causales entre ambos tipos de moléculas no obedecen a ninguna ley de tipo universal. Fue por accidente que en algún momento de la evolución molecular determinadas secuencias de ácidos nucleicos pudieran establecer enlaces de afinidad con determinados tipos de aminoácidos; esta es, tal vez, la época en donde aparecen los ARN de transferencia. Este es el lugar físico, concreto, en donde actualmente observamos una conexión entre ambos tipos de moléculas.

El que ahora asistamos a este conglomerado de relaciones entre ambos tipos de moléculas refleja lo que en el pasado pudo haber ocurrido. Ciertos nexos causales se estabilizaron gracias a que una mejor manera de asegurar la duplicación de las moléculas replicantes, es hacerlas más rápidas; esto es, aumentar la velocidad de replicación es evolutivamente más eficiente que el hecho de no hacerlo. La probabilidad de perpetuarse, al tener la capacidad de conseguir más rápidamente los insumos para su reproducción es bastante alta.

Podemos imaginar que dentro de una población de moléculas replicantes en competencia por sus materias primas, existen distintos grados de presión selectiva. Aquel grupo que mejoró su capacidad de captación de dichas materias contribuyó con mayor cantidad de copias a las sucesivas generaciones de moléculas replicantes. En consecuencia, se produjo una selección a su favor precisamente por poseer dicha estrategia o conjunto de comportamientos. *El hecho de asociarse a un comportamiento de tipo catalítico fue causa para su posterior selección.*

Ahora bien, la conformación del código genético pudo haberse dado por distintas vías. No sabemos todavía si las múltiples vías posibles desembocan todas en una suerte de convergencia causal, o si que de todas ellas sólo se exploró la que ahora se presenta, o si en fin, entre ellas, se estableció una línea de mejoras sobre un sustrato previamente establecido. Hace algún tiempo, causó sorpresa el descubrir que ciertos ARN's tuvieran capacidad catalítica y autoduplicativa. Esto es, funcionaban como replicadores y como enzimas. Ya hemos visto las ventajas que brindan a los replicadores la existencia de catalizadores conectados a ellos. En cierto tipo de virus, la molécula que porta la información es el ARN. Y ya que se conjetura que los virus fueron anteriores a las células modernas (eucariotas), surgió una hipótesis bastante plausible: la llamada hipótesis del mundo del ARN. En ella, se postula que el lazo entre el ADN y las proteínas fue producido por una tercera molécula, el ARN.

En este mundo del ARN, los procesos de copia y de aumento en su velocidad se daban por un mismo tipo de molécula. Algunas secuencias de ARN veían facilitada su tarea de formar copias de sí misma cuando se encontraban con otras secuencias de ARN con capacidad catalítica. Quizá, algunas de ellas establecieron lazos de cooperación y corresponderían a los ancestros moleculares de los actuales procesos de simbiosis.

## Sobre el Origen del Código Genético

Decíamos hace unos momentos que la cuestión del origen de la conexión entre las dos estructuras actuales que poseen tanto la propiedad de reproducción como la de catálisis, fue producto de alguna contingencia en el pasado. Pero eso no significa que dicha contingencia no tenga explicación. Precisamente, la hipótesis del mundo del ARN, es un intento de explicar cómo, dentro de ciertos parámetros fisicoquímicos -posibles, además, en condiciones naturales-, las moléculas de ARN desarrollan propiedades de catálisis y reproducción. Una estructura tal como el ARN, dejaría abierta la existencia de dos nichos biológicos (los primeros desde el punto de vista de la génesis de la vida). En algún momento posterior, ciertas moléculas de ARN se relacionaron químicamente con los aminoácidos y esta relación constituyó el origen del código genético. Con posterioridad, los nichos o "espacios" generados por el ARN fueron ocupados por estructuras que realizaban una mejor performance; las proteínas son mejores catalizadores que las ribozimas (estructuras de ARN con capacidad catalítica), y el ADN es mejor molécula reproductora que el ARN. De este modo, el panorama actual estaba, en lo esencial, creado. Aunque parece que nuestras suposiciones van por el camino correcto sabemos, sin embargo, que la molécula de ADN cumple mejor su papel de reproductor porque todo el mecanismo está soportado por un complejo intrincado de reacciones enzimáticas. Este hecho nos hace pensar que para que el ADN sea una mejor molécula reproductora era preciso la existencia previa de un aparato enzimático que se acopló al sistema. En otras palabras, estamos hablando de la aparición de un cierto metabolismo. La hipótesis del mundo del ARN no puede explicar por sí misma la pre-existencia de este "metabolismo"

En los últimos años, Stuart Kauffmann, viene desarrollando una hipótesis paralela a la del mundo del ARN. Este investigador ha encontrado que ciertos agregados de polipéptidos (estructuras compuestas de aminoácidos que no llegan a ser tan grandes como las proteínas) presentan ya capacidad catalítica. Bajo ciertas condiciones límite, un conjunto de polipéptidos relacionados molecularmente pero sin conexión alguna, dan inicio a una serie de reacciones que semejan muy bien una ruta metabólica. Resulta que este proceso es entrópicamente favorecido, así que es de esperar que una cierta "selección" actúe a su favor. Pero Kauffman quiere dar un paso adicional, dice que es posible que, además, estos "sistemas metabólicos" son capaces de autoreproducirse y, por ende, de poder evolucionar.

Por otro lado, Kauffman considera a la vida como un fenómeno emergente a este conjunto de estructuras autocatalíticas (un tipo especial de sistema fisicoquímico) y, en este sentido, su aproximación es holista; pues no piensa que la vida este relacionada a una estructura en particular sino, más bien, al conjunto de ellas tomadas como un todo. Es interesante que en este punto de su reflexión postule que la vida no se ha establecido, ni desarrollado, exclusivamente por acción de la selección natural. Kauffman piensa que si bien la selección natural es importante, no basta para explicar completamente el mundo biológico, es necesario añadir otro factor que, en su visión, se revela en esta emergencia de propiedades pues, esencialmente, estamos hablando de sistemas alejados del equilibrio. Así, considera que otro factor importante es la noción de orden espontáneo en los sistemas autoorganizados. Por tanto, Kauffman considera repensar la teoría evolutiva al abordar las fuentes del orden en la biosfera por medio tanto de la selección natural y la autoorganización.

### La Propuesta de Kauffman

El origen de las propiedades de la vida fue enfocado, desde su inicio, partiendo de la propiedad *replicativa* y ello provocó en el pasado que la mayoría, sino, todos los

investigadores, enfocaran su búsqueda del origen de la vida tratando de encontrar cual fue la primera estructura replicante, y de allí, cómo las demás propiedades surgieron añadiéndose. El primer enfoque estuvo, por tanto, centrado en cómo surgió la molécula del ADN con las características que hoy la conocemos. Cuando descubrimos que la molécula de ARN tenía capacidad replicativa, pero también capacidad catalítica, la mirada de los científicos se desvió hacia la investigación sobre esta molécula. Pero ahora, Kauffman nos presenta una tercera alternativa que revoluciona desde sus cimientos las estructuras conceptuales y las condiciones para la investigación. Pues, nos propone que nuestra mirada no debe dirigirse hacia la propiedad replicativa sino, más bien, hacia la *propiedad catalítica*; mejor dicho, hacia una consecuencia sumamente importante de esta propiedad: ¿de qué modo puede darse a lugar el origen de un "sistema metabólico," o, dicho en palabras de Kauffman, "un sistema molecular colectivamente autocatalítico?" (1) La respuesta que nos brinda es bella, simple, y apunta directamente hacia una defensa fuerte de la unidad de la ciencia: así, nos dice, que la emergencia de un sistema autocatalítico es virtualmente inevitable, cuando una mezcla suficientemente diversa de compuestos químicos se encuentra en una solución. Cito a Kauffman: "Voy a relatar las ideas centrales sobre como yo pienso que la vida se formó. Estas ideas son realmente muy simples, pero poco familiares. La vida cristaliza a partir de un nivel crítico de diversidad molecular, debido a que, la clausura catalítica misma cristaliza. Estas ideas, espero, se establecerán experimentalmente como parte de nuestra nueva historia de creación química, como el nuevo punto de vista para nuestras antiguas raíces; nuestro nuevo sentido de la emergencia de la vida como una propiedad esperada del mundo físico." (2)

En el interior de este asombroso descubrimiento sobre lo inevitable que resulta el establecimiento de un circuito cerrado de un conjunto de moléculas, que colectivamente son autocatalíticas, se encuentra nuestro intento de desentrañar las leyes de lo complejo. De lo espontáneo del orden es de lo que nos intenta hablar Kauffman, y comienza con algo que cualquier químico sabe: que todo compuesto químico tiene la capacidad catalítica, potencialmente hablando. El siguiente paso, es la explicación de la tendencia a poder establecerse una red de reacciones; a continuación, seguimos con una red de reacciones en donde los compuestos son mutuamente sustratos o productos o catalizadores dentro de esa red y, cuando tal conjunto autocatalítico se ha establecido, surge una propiedad que es emergente, holista: la vida. La vida es, desde sus mismos orígenes, un fenómeno que surge como un todo, no poco a poco o parte a parte, no, sino como una totalidad, holísticamente: con toda su intrínseca complejidad tal y como la podemos encontrar en los más primitivos fósiles unicelulares que hemos podido visualizar. Si desde que postulamos la hipótesis del mundo del ARN, las fronteras entre el genotipo y el fenotipo se habían vuelto sumamente borrosas; ahora, con la hipótesis del profesor Kauffman ya prácticamente son inexistentes. En sus escritos, nos muestra que este sistema autocatalítico podría "compartimentalizarse" o "aislarse del exterior," por medio de la capacidad de los ácidos grasos para formar una capa bilipídica o "proto membrana plasmática." Esto es un robusto sistema metabólico completamente autoorganizado de manera natural; pero, además, en estas condiciones el sistema tiene la capacidad de autoreproducirse, como lo hacen nuestras células actuales. Al lograr todo esto, también podrán evolucionar. Claro, esta no es la forma en que comúnmente nos hemos acostumbrado a pensar en la evolución; como tampoco en el siglo pasado no lográbamos comprender que la materia era una forma de energía, o muchas otras características del universo, que nos revela tanto la teoría de la relatividad como la mecánica cuántica.

Pero de cara al ulterior tratamiento que hará Kauffman sólo nos queda, para terminar, señalar el conjunto de conceptos magistralmente tratados por él: orden, caos, atractores, "order for free," "the edge of chaos," entre otros. Y los utiliza de maneras tan novedosas para mostrarnos que son los indicadores más adecuados para aproximarnos al problema del origen de la vida, que únicamente nos resta por decir con Kauffman: "Nosotros somos los esperados," "Vivimos como en casa en el Universo."

## Notes

(1) Kauffman S., 1996. *At Home in the Universe*. Penguin Books. USA, pp. 58.

(2) Ibid, pp. 64.