

LA BIOLOGÍA DE  
SISTEMAS.  
UNA VENTANA PARA  
AIREAR LA TEORÍA  
ORTODOXA DE LA  
EVOLUCIÓN.

Alberto Jorge García  
Alumno de 5º de la Licenciatura de Biología en la UAM

## **La Biología de Sistemas. Una ventana abierta para airear la teoría ortodoxa de la Evolución**

**Alberto Jorge**

### **Frustraciones y miedos**

Han sido cinco años de mi vida en los que interminables temas de Zoología y Fisiología, profundos Análisis Genéticos, numerosos conceptos de Ecología, charlas de Antropología, innumerables datos estadísticos, profundos conocimientos de Biología Molecular y un largo etcétera de conocimiento y, sin embargo, no me han habilitado para sentirme un auténtico biólogo. Empeño en el serio aprendizaje, empeño en la asistencia a clase, empeño en aprobar exámenes, empeño en demostrar el trabajo de laboratorio...; mucho empeño pero poca determinación para resolverme mis preguntas de infinidad de detalles acumulados en el miedo para no encontrar respuesta.

Han sido cinco años de mi vida, y gracias desde este momento, a mi profesor Máximo Sandín, he podido descifrar mis conocimientos inconexos, basados en un marco teórico equivocado que a fuerza de repetir se ha transformado en la verdad absoluta o que esa verdad absoluta se ha transformado a la fuerza. Me da muchísima rabia no haberme percatado y rescatado por mi mismo aunque ya lo percibiera.

Máximo ha sido durante las primeras semanas mi azote intelectual y mi gran frustración. Frustración desde que llegabas a clase y desmontabas sus axiomas ortodoxos y complicabas mi enfoque que, latente por miedo a destaparlo y descubrir la gran mentira, había preferido obviarlo. Sólo tú has despertado en mí la sensación de

disfrutar pensando, de disfrutar razonando, de disfrutar yendo a contracorriente, de disfrutar por arrojar al pozo del olvido las mentiras, las simplezas y las erráticas creencias, de no encontrar todas las respuestas y de disfrutar de la libertad para encontrar la respuesta a lo que no es la biología. Gracias Máximo.

### **La visión deformada del Darwinismo**

El darwinismo sólo triunfó como paradigma hegemónico en la forma de neodarwinismo o “Teoría sintética moderna”. Lamentablemente el paradigma dominante en las ciencias biológicas, hoy, es el neodarwinismo y no simplemente las proposiciones originales de Darwin. Hablar de darwinismo hoy es hablar de “síntesis moderna”.

El paradigma neodarwinista acabó por conducir a un enfoque reduccionista que cree que la vida es un resultado de fenómenos localizados en la molécula de ADN, sometidos a alteraciones al azar y a la selección natural.

El mecanismo de la teoría de la evolución de Darwin ya existía tanto en las teorías sociales de Malthus y Spencer como en el liberalismo clásico y de alguna manera fue la alcahueta que ayudó a legitimizar diferentes aspectos de la empresa del desarrollo económico o progreso con la cual la sociedad moderna se halla tan comprometida. Como consecuencia de estos solemnes ejes en su comprensión del origen de las especies, Darwin vió en la naturaleza una constante lucha por la supervivencia, cuyos vencedores eran agraciados con la posibilidad de tener una mayor prole. Esta idea generó una

imagen de la naturaleza “roja en dientes y garras” de los naturalistas del siglo XIX. Ciertamente inspirado por Malthus, Spencer y la teoría económica liberal, Darwin vio en la naturaleza una competencia por la supervivencia, dada la escasez de recursos ante el crecimiento de la población. Así Adam Smith propuso en *La riqueza de la naciones* que cuanto más egoísta sea nuestro comportamiento, maximizaremos no sólo nuestros propios intereses materiales sino también, a la larga, los de toda la sociedad; tamaño despropósito racionalizó y legitimó el individualismo y el egoísmo que marcó la descomposición de la sociedad durante la revolución industrial y que aún desgraciadamente sigue vigente.

El darwinismo, por lo tanto, es una teoría que propone la competencia como el motor que propulsa el desarrollo de las especies, pues la selección natural ocurre no solamente influida por su relación con el ambiente físico sino también con individuos de su misma especie y sus depredadores.

Oswald Spengler describió acertadamente el darwinismo como “la aplicación de la economía a la biología” (SPENGLER, 1939 Vol 1, pp. 369-373, cit., RIFKIN & PERLAS, 1983, P. 107) y a la selección natural de Darwin como una versión biológica de la mano invisible de Smith, al servicio, principalmente, de la legitimación de la empresa prometeica de nuestra sociedad moderna, haciéndola aparecer como un proceso natural.

Sin duda, el conocimiento científico ha servido para validar el paradigma de la ciencia y por consiguiente la visión moderna del mundo, única que se supone da sentido al desarrollo económico o progreso.

Todos sabemos apreciar que los sistemas naturales son incomparablemente más complicados que las entidades relativamente simples

que estudian los físicos. Según el psicólogo e investigador alemán Wolfgang Kohler, fundador de la psicología de la Gestalt o teoría de la creencia de las totalidades:

Si los organismos fuesen más parecidos a los sistemas que estudian los físicos, podríamos introducir en nuestra ciencia gran cantidad de métodos de la física sin demasiadas modificaciones. Pero la similitud no es mucha. Una de las ventajas que permite a un físico trabajar con más facilidad es la simplicidad de sus sistemas...una ameba es un sistema más complejo que cualquier sistema del mundo inanimado (KOHLE, 1947, p.168)



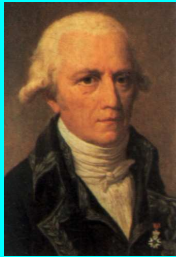
**“El todo es diferente de la suma de las partes”**  
**Wolfgang Kohler**

Sin embargo, esta visión se ha mostrado del todo irreconciliable con el paradigma de la ciencia, según el cual el mundo es aleatorio, gradual, atomizado y mecánico, siendo capaz de generar, sobre bases puramente científicas, los inigualables productos manufacturados que se requieren para satisfacer fines comerciales (por ejemplo, pesticidas, antibióticos y microorganismos producidos por ingeniería genética). Los Darwinistas sociales como Herbert Spencer en el Reino Unido y William Gram Sumner en los EEUU veían a la naturaleza como algo azaroso, gradual, caótico, atomizado, competitivo y agresivo y consideraban que era natural, deseable y ciertamente moral que el ser humano se comportara de la misma forma.

Jacques Monod se refiere al mecanismo que determina la evolución de la vida y de la cultura como “una gigantesca

lotería” o como la “ruleta de la naturaleza”. Él veía el azar como la fuente de toda innovación, de toda creación de la biosfera. Es la única hipótesis concebible, la única que se ajusta a los hechos observados y constatados (MONOD, 1972, pp.121). Estudios recientes (Jhon Cairos, Universidad de Harvard) tienden a confirmar que las mutaciones no son casuales, sino que al contrario, están específicamente encauzadas.

Pero entonces, ¿cómo ha podido esta absurda noción del azar en los procesos vitales haber alcanzado el status de “concepto central de la biología moderna”? Muchos científicos citan a Lamarck afirmando que la palabra azar sólo expresa nuestra ignorancia de causas.



**“Debe existir una teoría sobre la transformación”.**  
**Jean Baptiste Lamarck**

La observación o percepción, que se supone es la fuente de todo nuestro conocimiento, comienza con la detección de datos. Es activa más que pasiva; más que meramente recibir, detecta; y es también altamente selectiva. En vez de acumular los datos disponibles en forma aleatoria, como suponen los empiristas, aislamos los que aparecen como relevantes para nuestras pautas y comportamiento.

La verdad es que la construcción del conocimiento requiere más que la acumulación de observaciones individuales. Éstas deben ser interpretadas a la luz de un modelo de nuestra relación con el medio ambiente. Se requiere pensamiento, una actividad no cuantificable, no reduccionista, no mecánica, cuya misma existencia no es

congruente con el moderno paradigma de la ciencia.

Los avances en citología y biología molecular han llevado a los científicos interesados en la diversidad de los seres vivos a comprender que hay una unidad básica subyacente, difícilmente explicable mediante el paradigma científico con una base de conocimiento tan estrictamente compartimentada. El genetista Theodosius Dobzhansky señala que bajo la gran diversidad de entes vivos se perciben profundas similitudes. (DOBZHANSKY, 1962, cit, THORPE, 1965, p. 12). La información genética de todos los seres vivos utiliza el mismo lenguaje del ADN y del ARN y las bases proteínicas de todos los seres vivientes están constituidos por los mismos veinte aminoácidos nucleares. Tanto François Jacob como Jacques Monod han señalado la similitud de todos los seres vivos a nivel microscópico. Y si los materiales son los mismos en todo el mundo vivo, también lo es su patrón de construcción. El biólogo francés Armand de Ricqlès se maravilla ante el hecho de que todos los vertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos están conformados según el mismo modelo de organización, más allá de importantes diferencias anatómicas. Esta unidad de diseño, que puso en brete a la anatomía comparativa del siglo XVIII, implica que existen cambios superficiales que permiten que diferentes formas de vida se adapten a determinados entornos, mientras las características básicas se mantienen inalteradas; aspecto éste difícilmente conciliable con la teoría evolucionista actualmente aceptada. Implica también que la finalidad en todos los seres vivos es preservar el orden crítico y la estabilidad.

La atención de quienes aceptan el paradigma científico y la visión del mundo del modernismo está monopolizada por el concepto de cambio. Para ellos, el mundo está en

permanente fluir, cambiando constantemente en una dirección considerada deseable y progresiva. Esto es cierto en especies que aparentan “evolucionar” y en sociedades cuyas economías aparentan “desarrollarse”. La realidad es muy diferente. Si hay un rasgo sorprendente en el mundo de los seres vivos es la continuidad o estabilidad.

El registro fósil, una de las bases empíricas imprescindibles de cualquier teoría de la evolución, no revela ese gradualismo. Lo que demuestra son largos periodos de estasis, durante los cuales las especies se mantienen sin tener cambios significativos, seguidos de eventos de extinción en masa y el surgimiento brusco de nuevas especies.

El mismo Darwin se maravilló ante la constancia del mundo natural, llegando a sugerir en una ocasión que ésta podría ser más importante que la “lucha por la supervivencia” por la que él tanto abogó. Tanto Waddington como Monod estaban impresionados por la constancia de los seres vivos, al igual que Thorpe, que comprendió plenamente que la constancia de determinadas formas biológicas es más difícil de explicar que su proceso evolutivo.

Todos los mecanismos bioquímicos de la síntesis macromolecular, la utilización de energía, la respiración, el almacenamiento, la proliferación, la división celular, la estructura y función de las membranas, la contractilidad, la excitabilidad, la formación de las fibras, la pigmentación, etcétera, han permanecido esencialmente inalterados durante muchísimas eras. (WEISS, 1972, *ibid.*, p.46).

Claramente, los sistemas naturales no tienden hacia el cambio sino a evitar el cambio. El cambio acontece no porque sea deseable *per se*, sino porque, en ciertas condiciones, se le juzga necesario como medio de prevención de alteraciones probablemente mayores y más destructivas.

## Biología e información

En la actualidad, y después de un siglo dedicado por los biólogos casi en exclusiva al estudio de la información genética, también se han estudiado las proteínas, pero como entidades aisladas que no han gozado del mismo reconocimiento para enmarcarlas dentro del programa de la vida, y la información completa que tenemos se basa en las secuencias de nucleótidos y los genes. Además coincidiendo con este desarrollo de la biología, Ludwig Von Bertalanffy, también biólogo, publicó en torno a 1950, la Teoría General de Sistemas. Esta teoría fue un intento de superación para poder encontrar las propiedades comunes de los elementos de un sistema que se presentan en distintos niveles de realidad. Definiendo un sistema como las relaciones regulares o de interdependencia de las partes de las cuales emerge el todo y que ha dado lugar a notables progresos especialmente en los campos de la Teoría de la Comunicación [Shannon, EC.] y de la Cibernética [Wiener, N.]. En otras palabras, es una teoría que pretende utilizar los mismos términos y conceptos para describir rasgos esenciales de sistemas muy diferentes; y de esta manera encontrar leyes generales aplicables a la comprensión de su dinámica.

Hasta hace no más de diez años, para descifrar este programa de la vida, estábamos partiendo de la genética, que definiríamos como el procesamiento del ácido desoxirribonucleico (ADN) en la construcción del fenotipo, mientras que los genes son las entidades que históricamente se asumen como las partículas de la herencia. Los genes corresponderían a un esquema conceptual hipotético mientras que la genética intenta estudiar las interacciones bioquímicas que están

detrás de la construcción de un organismo. Las secuencias de nucleótidos, en el libro del genoma corresponderían a las letras y de la misma forma, las palabras a los genes. Pero nos falta algo muy importante para entender este texto: la gramática. Aunque tenemos el alfabeto y el diccionario completos y aunque conociéramos el significado de todas las palabras (es decir la función de todos los genes), aún no somos capaces de escribir una oración, que es el fragmento mínimo necesario para comunicar una idea. Nos falta el orden y las relaciones entre las palabras de forma que éstas tengan sentido a lo largo de las frases y párrafos del libro. Sería exagerado decir que hoy día en biología no hay oraciones; en efecto las hay, pero no están suficientemente articuladas; de la misma forma que en la literatura, las oraciones se pueden sacar de su contexto y siguen comunicando algo, pero no pueden comprenderse en su totalidad. Lo que tenemos no sirve para descifrar el programa de la vida. La clave que los científicos andan buscando es esa gramática que representa la organización de esos elementos que están codificados en el genoma.

Mientras aprendemos como puede surgir la información construimos un puente entre la biología y la física,

culminando el proceso de reconocimiento de la vida como una serie de sucesivos eventos que responden a la capacidad dinámica de ciertos elementos y la manera como esta dinámica se traduce en información, que una vez descodificada nos permitirá conocer los planes de construcción de los seres vivos.

Enfoques más recientes apelan a las teorías de la complejidad para escapar de las dificultades que conlleva el análisis reduccionista cuando se compara con los fenómenos reales.

### **Teoría de Sistemas y Biología. ¿Biología de Sistemas?**

La forma reduccionista de entender la biología que hemos utilizado hasta ahora ha quedado obsoleta. El método utilizado se ha basado en una aproximación “Top Down”, para explicar la vida; el organismo vivo era descompuesto en órganos, tejidos, células, orgánulos; ahora estamos en el nivel molecular y hemos conseguido la secuenciación completa del genoma. Tenemos la lista completa de elementos y estamos viendo que conocer todas las partes, e incluso conocer sus funciones no es suficiente. La aproximación clásica *un gen, una proteína, una función*, no resulta adecuada para describir estos sistemas.



Stuart Kauffman hablaba en su libro “Investigaciones” de complejas redes de reacciones como las bases de una biología general. Es decir, la vida, tal y como la conocemos, se basaría en redes de reacciones químicas englobando el ADN, el ARN, las proteínas, el metabolismo, los ciclos enlazados de destrucción y construcción, que constituyen el ciclo vital de una célula. Sin menoscabo del trabajo analítico, indiscutible, por otra parte, desde el punto de vista de la perspectiva, del

modo de “mirar” los problemas, se impone una visión holística o mejor dicho, sistémica. El principio unificador es la organización. Un átomo, el ADN, las proteínas, etc, son organizaciones. Pero aunque dispongamos de una enorme cantidad de datos sobre la organización biológica, de la bioquímica, de la citología y la histología, lo que necesitamos realmente es una teoría de la organización biológica, de un modelo conceptual que permita explicar los hechos empíricos. La teoría general de sistemas constituye un intento de abordar este problema desde un punto de vista integrador. Es posible definir tales nociones dentro del modelo matemático de un sistema, más aún, en ciertos aspectos se pueden deducir teorías detalladas que derivan de casos especiales a partir de supuestos generales, como por ejemplo la teoría biológica de Volterra y la teoría económica cuantitativa, son isomorfias en muchos de sus aspectos.

Desde los 90 hasta nuestros días, los científicos han estado aprendiendo, sobre todo a crear bases de datos y bibliotecas. Desde que comenzó el proyecto Genoma Humano, la investigación ha estado enfocada en la creación de bibliotecas de moléculas de ADN, ARN, proteínas, péptidos y ahora nos estamos dando cuenta del papel protagonista de bacterias y virus. Durante los últimos años el caudal de datos parece no agotarse. Se supone que es ahora cuando a los científicos, armados de tales bibliotecas, van a conseguir entender el significado encerrado en toda esta ingente cantidad de información. Siendo esta situación la que podría explicar el nacimiento de todas las tecnologías emergentes conocidas como-ómicas, Genómica, Proteómica, Metabolómica, etc. La finalidad de estas tecnologías sería la de generar toda la información posible para más adelante poderla estudiarla de forma

conjunta. La Genómica ya ha puesto su granito de arena, pero sin embargo queda todavía mucho camino por recorrer en lo que se refiere a la Proteómica, Peptidómica, Metabolómica, etc. A diferencia de lo que ocurre con el genoma, que es sumamente rígido en lo que se refiere a sus fluctuaciones, las proteínas tienen una capacidad de variación enorme debido a los complejos sistemas de reacciones de los que forman parte. Por tanto, el desarrollo de técnicas analíticas para caracterizar toda esa variabilidad es un desafío que debemos ser capaces de resolver y a lo que se está dedicando grandes esfuerzos. Entre las técnicas analíticas que han supuesto una aportación más que sustancial se encuentra la espectrometría de masas, cuyo desarrollo en los últimos 15 años ha sido abrumador en todos los aspectos, desde la capacidad de analizar múltiples analitos de naturalezas muy diferentes a la sensibilidad de la técnica y la gran productividad o “high-throughput” a la hora de realizar análisis. Podemos constatar cómo se va cerrando el hueco que se abría entre la biología por un lado y la física y la química por otro. Lo cuál no implica que la biología sea reducible a la física y la química convencionales, sino que se confirma que hay una continuidad. La física de los sistemas vivos tiene unas características propias heredadas de la Teoría General de Sistemas y plenamente relacionadas con de la Teoría de la Información fundada por Claude Shannon y la cibernética desarrollada por Wiener. La Teoría General de Sistemas no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero sí producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica. En resumen, la creación de una red teórica apropiada para definir **qué es la vida**, y en este sentido la disciplina que más se

ha desarrollado utilizando estos conceptos ha sido la física. No es por ello menos sorprendente la nota de la revista *Nature* sobre una reunión de físicos teóricos con intereses en biología, que venía a decir que “el creciente sentimiento de que sus opiniones serían cruciales para cosechar los frutos de la era post-genómica” y este es el nacimiento de un nuevo paradigma multidisciplinar que es la

Biología de Sistemas. En donde igual que proponía Bertalanffy en su concepción sistémica, el todo es **más** que las partes, en este caso la vida es el todo y los proteomas, genomas, metabolomas, etc son las partes.

El Dr. Michael Behe afirma categóricamente: «La evolución molecular no se basa en autoridades científicas. No hay publicación en la literatura científica [...] que describa cómo la evolución molecular de cualquier sistema bioquímico real, complejo, ocurre o pudo haber ocurrido. Hay afirmaciones de que tal evolución ocurre, pero ninguna de ellas con base en experimentos o cálculos apropiados. Ya que nadie conoce la evolución molecular por experiencia directa, y al no haber autoridad sobre la cual alegar ese conocimiento, podemos decir con certeza que [...] la afirmación de la existencia de la evolución molecular darwinista es simplemente una bazofia.»



## **BIBLIOGRAFÍA**

BEHE, M. (1997a) A caixa preta de darwin , Rio de Janeiro, Jorge Zahar, p. 14.

BERTALANFFY LUDWIG VON (1968). General System Theory: Foundations, Development and Applications. Ed. Fondo de Cultura Económica.

C. E. SHANNON, *A mathematical theory of communication*. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948

DAWKINS, R. (1989), O gene egoísta, Lisboa, Gradiva.

EDWARD GOLDSMITH (1999).El Tao de la Ecología. Una visión ecológica del mundo.Icaria editorial, s.a.

KAUFFMAN, S.A. (1997), p. 132 133.

KAUFMANN STUART (2000). Investigations. Oxford University Press

SANDÍN MÁXIMO Hacia una Nueva Biología. ARBOR CLXXII, 677 (Mayo), 167-218 pp

SCHOPENHAUER, A. (1997), Como vencer um debate sem precisar ter razão , Rio de Janeiro, Topbooks, p. 174.

VOLTERRA VITO (1926). Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei Ser. VI 2

VOLTES BOU PEDRO (1978). La teoría general de sistemas. Editorial Hispano Europea.

WIENER NORBERT (1950). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*