

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIX JORNADAS
VOLUMEN 15 (2009)

Diego Letzen
Penélope Lodeyro

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina

Evolucionismos y teoría de la Complejidad

*Cecilia Estrabou y Mariana Cruz**

I. Elementos de Complejidad

En el libro *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicación* Maldonado (2007), sostiene que existen dos grandes comprensiones de complejidad “indiferentes entre sí, distantes incluso”. La que entiende la complejidad como ciencia y aquella que la considera en cambio, un método de investigación (Maldonado, 2007: 19). En el capítulo de su autoría, “Complejidad y evolución”, relaciona de manera explícita y necesaria, la teoría evolutiva, cuyo origen establece en el siglo XVI y la teoría de la complejidad; ambas, aun en desarrollo.

Él sostiene como tesis de su trabajo que “pensar en términos de complejidad es pensar en términos evolutivos” (ídem) y destaca a continuación que “por evolución no hay que pensar, en absoluto, simplemente en cambio, progresión, dinámica. [Sino en que] el estudio de la evolución es el de los cambios súbditos, imprevistos e irreversibles” (ídem)¹. De tal modo, para él, la teoría de la evolución contiene la lógica de los sistemas vivos y aporta el modo mismo de la complejidad, ya que los sistemas evolutivos aprovechan la entropía que se asimila al fenómeno de selección (Confrontar ídem: 20-22). En este punto Maldonado integra los conceptos de complejidad en los seres vivos (desde la célula como unidad) con la complejidad en el proceso evolutivo donde la selección es un proceso entrópico que se refleja en todo el proceso evolutivo.

Por otra parte, ambas abarcan el “campo apasionante de los fenómenos adaptativos, no-lineales, caóticos, emergentes, irreversibles y autoorganizativos.” (Maldonado, 2007: 11). Sin embargo, él considera que la característica saliente de la complejidad es la no linealidad. Así, la complejidad se define, para este autor, en términos de no-linealidad.

El estudio de los sistemas complejos no lineales corresponde, desde esta perspectiva, al estudio de sistemas de complejidad creciente, es decir, sistemas que ganan información. Lo que ocurre es que el estado estacionario compatible con las condiciones del entorno deja de ser único, situación que puede expresarse matemáticamente a través de ecuaciones que describen la evolución del sistema: las mismas se vuelven no lineales, es decir, que tienen más de una solución.

En ese punto, aparecen puntos críticos llamados bifurcaciones, donde la evolución futura del sistema deja de ser única, depende de una perturbación ínfima (antes irrelevante) y es por ende incierta: varias soluciones son posibles, pero sólo una termina efectivizándose. ¿Cuál de ellas? Eso lo decide el azar, una “chispa de azar”, según la bella expresión del biólogo francés Henri Atlan. El punto crítico establece, entonces, una “bifurcación”: se llega a un estado de incertidumbre, donde varias sendas se abren y no es posible saber de antemano cuál de ellas habrá de ser seguida por el sistema. Lo que ocurre en una bifurcación se equipara con la situación de sensibilidad a las condiciones iniciales: basta con apartarse una distancia tan débil como se

* Centro de Ecología y Recursos Naturales- FCEfyN UNC

† UNC - CONICET

quiera de la bifurcación para ser precipitado en una dinámica que se aleja para siempre de la misma².

Por su parte, en 1984 Edgar Morin, en *Ciencia con conciencia*, caracteriza la complejidad biológica particularmente en términos de auto-organización. La complejidad sistémica aumenta, por una parte, con el aumento de los elementos, y por la otra, con el carácter cada vez más flexible, cada vez más complicado y menos determinista de las interrelaciones.

Cuando el sistema es “abierto”, es decir, cuando su existencia y el mantenimiento de su diversidad son inseparables de interrelaciones a través de las cuales el sistema extrae del exterior materia/energía, un nuevo orden de complejidad aparece y el sistema se establece en un grado de complejidad diferente, lo que involucra que extrae más información.

La complejidad, que hay que distinguir de la mera complicación, involucra, propiamente esta relación intrínseca entre el sistema abierto y el entorno, respecto del cual es autónomo y dependiente a la vez. La complejidad de lo viviente es concebida, entonces, como un principio organizador que desarrolla sus cualidades, fundándose en el desorden, entendido éste como determinados umbrales de ruido y errores. Sentado principalmente sobre el principio de la entropía (que se expresa por aumento de desorden en detrimento del orden). De este modo, la formulación lo más sintética posible, el fenómeno de auto-organización puede describirse como sigue: al verse afectado por perturbaciones aleatorias, un sistema con una estructura o una organización dada, modifica su estructura, se reorganiza. Literalmente, el sistema se organiza a sí mismo, en respuesta a la intervención de un factor azaroso. Una característica fundamental del proceso es que al término del mismo se ha producido un cambio en la complejidad del sistema.

Nos interesa destacar una noción más que es central para la relación entre sistemas complejos y teoría evolutiva: la noción de estructura. Definiendo las características de los sistemas complejos, en *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria* (2006), García hace referencia a una nueva concepción del mundo, que acontece en el siglo XVII. Sostiene que entonces se comenzó a pensar en definir los objetos ya no por sus “características esenciales”, sino por sus relaciones (idem).

Sin embargo, sostiene también que el papel de las relaciones se fue complicando, conforme se originaba la idea de que “los fenómenos que involucran procesos de evolución y cambio, cualquiera sea su naturaleza (física, química, biológica, social), tienen lugar en conjuntos organizados, cuyo análisis no es fragmentable en elementos aislados. De este modo, la organización pasa a adquirir primacía sobre las relaciones parciales y el énfasis se desplaza de las relaciones a las relaciones entre las relaciones” (García, 2006: 117).

Ahora bien, la noción de organización se redefine bajo la comprensión del sistema como un conjunto organizado, que tiene propiedades como totalidad. Es la organización del sistema la que determina su estructura, es decir, no es otra cosa que el conjunto de las relaciones entre sus elementos (moléculas, órganos, comunidades, individuos), incluyendo las relaciones entre esas relaciones.

Ahora bien, estructura puede entenderse en varios sentidos, aun en el marco de las discusiones sobre evolución. En efecto, para García, en el caso de los organismos biológicos, estructura no debe entenderse en el sentido de las estructuras de la lógica y la matemática. Éstas

son intemporales, en ese contexto se trata de un concepto estático, mientras que en las estructuras biológicas: “la organización de un sistema está dada por las interrelaciones entre procesos, y un proceso es una concatenación de eventos que se dan en el tiempo” (García, 2006: 118). Con la especificación de las estructuras como históricamente determinadas, García muestra la posibilidad de pensar una teoría del desarrollo orgánico que no sea anti estructuralista, pero sin embargo, incorpore la historia. Esto es central para la teoría de sistemas complejos, ya que las nociones centrales de no linealidad y autoorganización, que trabajamos aquí, como así también otras nociones centrales como la de emergencia, sinergia, presuponen la idea de estructura, aunque también de historia, precisamente por la irreversibilidad de los fenómenos, que es otro compromiso central aceptada por las diferentes corrientes de complejidad (García, 2006: 118).

II. Elementos de teoría evolutiva

En el apartado anterior hemos expuesto algunas nociones centrales de la teoría de complejidad y en este nos interesa mostrar algunas diferencias entre las teorías darwinianas clásica y la teoría revisada propuesta por Stephen Jay Gould. De esta manera, caracterizaremos con más especificidad la teoría de Complejidad y mostraremos porqué es ésta versión y no la darwiniana clásica la que se propone como plataforma de la complejidad.

II.1. La teoría evolutiva de Stephen Jay Gould y sus diferencias con el darwinismo “clásico”

Son varias las razones que hacen que Maldonado establezca una relación necesaria entre la teoría de S. Gould y la teoría de sistemas complejos, si bien Maldonado hace referencia particularmente a algunas de ellas (no-linealidad y catastrofismo).

Una diferencia central entre la teoría del equilibrio puntuado y la teoría darwiniana clásica es el peso ofrecido a la estructura de los organismos, lo que Gould denomina “polo estructural”, por completo ausente en la teoría ‘clásica’ darwiniana. Ahora bien, Gould mismo se preocupa en explicitar cómo debe entenderse el estructuralismo al que adhiere, a saber un estructuralismo histórico, según el cual las estructuras se modifican o no, conforme el desarrollo del organismo en el contacto con el medio. Una forma de estructuralismo del mismo tipo es citada por García (apartado 4 del texto trabajado) como la adoptada por Piaget, autor que es considerado como uno de los originarios de la concepción de sistemas complejos, según el cual debemos entender que “las estructuras se construyen y que para poder explicar cómo funciona una estructura es necesario entender cuáles son los procesos que la generaron” (García, 2006: 118). A continuación, en términos que encontramos casi del mismo modo en Gould, García explica que Piaget repudiaba “por igual el estructuralismo sin historia y la historia sin estructura” (García, 2006: 119).

Stephen Gould revisa también la cuestión relativa al ritmo de la evolución. Frente a la posición gradualista darwiniana, él propone el puntualismo: cambios bruscos, irreversibles y con acumulación de cambios direccionados (teoría de los Equilibrios Puntuados, donde las especies nuevas aparecen en un momento único), mientras que en el gradualismo darwiniano las especies acumulan cambios que se van manifestando poco a poco hasta su cambio por otra especie. Gould adscribe ineludibles dificultades a la teoría evolutiva basada estrictamente en la anagénesis, proceso de acumulación de cambios estrictamente graduales, por ello otorga un espacio al surgimiento de especies por ramificación en “‘instantes’ irresolubles” (Gould, 2004: 636). Este

proceso es conocido como cladogénesis y se refiere a el cambio evolutivo producido por la bifurcación de poblaciones unas respecto de otras para formar especies nuevas. Por otra parte, a continuación, hace referencia explícita al movimiento de sistemas complejos originado en el Instituto de Santa Fe mostrando la relación que este habría establecido con la tesis del equilibrio puntuado. Escribe Gould:

En 1990, un seminario en el Instituto Santa Fe especificó tres consecuencias primarias de este principio central de la disciplina: "La tendencia de los sistemas dinámicos complejos a sumirse en un estado ordenado sin presión selectiva alguna: el origen de la vida, la autorregulación del genoma para producir tipos celulares bien definidos y las postuladas ondas de cambio evolutivo conocidas como equilibrio puntuado.

Plateado en términos de probabilidades, los procesos espontáneos que llevan a los sistemas aislados hacia el equilibrio termodinámico consisten en una sucesión de estados cada vez más probables. Desorden y orden corresponden pues, respectivamente, a probabilidad e improbabilidad. Este es un tema central también en la exposición de Edgar Morin, aun cuando por razones históricas se comprenda que no haya hecho referencia a la teoría de Gould y Eldredge, a saber, ésta estaba recién desarrollándose. Sin embargo, es interesante notar también en este punto una relación entre la teoría de Complejidad y la teoría estructuralista de la evolución, puesto que ambos hacen referencia explícita a cómo debemos comprender la noción de azar, a saber, de alea o probabilidad estadística y no en el sentido de arbitrariedad o en el sentido de medida de nuestra ignorancia. Por este motivo, y dada la posibilidad de trabajar con el azar desde la probabilidad, adquiere este un sentido positivo.

También las nociones relativas a la termodinámica, tratadas centralmente en sistemas complejos, ya desde la presentación de Edgar Morin, reaparecen en la teoría evolutiva de Eldredge y Gould. En este marco, la termodinámica, es utilizada para dar cuenta de casos particulares en los que sistemas abiertos pueden alcanzar una situación estable de no equilibrio llamada «estado estacionario». La situación estable es posible porque el sistema, al ser abierto, puede enviar al entorno toda la entropía que en su interior se produce y mantener así su propia entropía constante. De esta manera, el sistema establece una suerte de pacto con el entorno, se adapta a él y permanece en estado estacionario, sin avanzar hacia el equilibrio termodinámico. Cualquier perturbación fortuita que tienda a desplazarlo del estado estacionario es resistida; de manera que, el sistema es capaz de 'absorber' esas perturbaciones azarosas, llamadas "fluctuaciones", las que no teniendo oportunidad de progresar y de amplificarse, no alteran el comportamiento del sistema.

Esta idea de un mecanismo que se ajuste con su ambiente en sistemas abiertos es base de la teoría evolutiva y también de la Complejidad, ya que hace referencia a los seres vivos como sistemas abiertos y a la selección natural como un mecanismo de ajuste con el medio. Si bien la selección natural claramente no es el único mecanismo evolutivo propuesto, es un proceso que media entre el sistema orgánico y el ambiente en un ajuste permanente.

Otra noción fundamental en sistemas complejos, a la que no hicimos alusión en este trabajo, pero sí en *Complejidad: aproximaciones generales a diversas concepciones históricas y epistemológicas* y que es central al momento de relacionar tal teoría con la teoría de la evolución, es la de jerarquía, ausente por completo en la teoría darwiniana. Entre los puntos que la teoría de

Gould efectivamente pone en cuestión de la teoría clásica de la evolución es la idea de agencia evolutiva al nivel único de los organismos. Frente a dicho principio el plantea que es indispensable para explicar la evolución apelar a distintos niveles de jerarquía y en ese sentido también a diferentes individuos orgánicos. La idea importante tanto de Gould, como de la teoría de sistemas complejos, ya no solo de Maldonado, sino también de García y Morin, es que la explicación de los distintos niveles no puede ser reducida a una sola. Cada nivel jerárquico requiere una legalidad diferente, asumiendo precisamente el principio de la sinergia o indivisibilidad del todo que emerge de los niveles inferiores.

Conclusiones

Tal como sostiene Maldonado parece que la teoría evolutiva en la formulación de S. J. Gould y la teoría de sistemas complejos están estrechamente relacionadas, hasta el punto de que la primera puede comprenderse como una plataforma teórica para la segunda. Podría, sin embargo, surgir el cuestionamiento en relación al porqué entonces no es siquiera nombrada por uno de los pioneros de la teoría de la complejidad, Edgar Morin, pero esperamos haber mostrado que la respuesta es más bien histórica: la teoría puntuacionista estaba recién esbozándose por entonces. La teoría de la evolución en su versión darwiniana clásica no es asimilable en el mismo sentido con la complejidad, tanto en lo relativo al ritmo de la evolución, como a los niveles de explicación (jerarquía) y al estructuralismo.

Es importante notar, que aun cuando se acepte entonces que ambas teorías se encuentran estrechamente relacionadas, no se pretende que una sea reducible a la otra, en cuanto esto, en términos generales excede el espíritu de la teoría en sistemas complejos. La cual además todavía se encuentra en constitución y con problemas abiertos, como se ha referido en los trabajos previos y se mostrará, en relación particular, con la noción de medición, en el trabajo Análisis de las posibles relaciones entre complejidad, sistemas complejos y medición.

Las autoras agradecen las sugerencias provistas por el revisor que permitieron mejorar la precisión del trabajo.

Notas

¹ En ese sentido él considera que uno de los mayores desafíos del pensamiento científico contemporáneo consiste en relacionar evolución y termodinámica, en el sentido en que ambas parecen presuponer "líneas del tiempo diametralmente opuestas: la de la biología que indica diversificación y complejidad creciente, y la de la termodinámica, que se funda en el principio de la entropía y que apunta hacia el orden y el equilibrio" (p. 21).

² Para este autor, la relación prioritaria que debe caracterizarse adecuadamente en el mundo contemporáneo es la relación entre evolución y termodinámica, por lo cual se preocupa por explicitar cómo debe entenderse tal relación, a saber, como las relaciones entre dinámicas no-lineales que implican y afirman al mismo tiempo crecimiento y desarrollo y son capaces de aprovechar la entropía. Éste, sin embargo no constituye el eje de nuestro trabajo.

Bibliografía

- García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Barcelona, Gedisa.
- Gould, S. J (2004): *La estructura de la evolución*, Barcelona. Metatemas.
- Maldonado, C. E. (2007): *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones*, Bogotá. Universidad Externado de Colombia.
- Morin, E. (1984): *Ciencia con conciencia*, Barcelona. Anthropos.