

Mundo Libre

El proceso creador está situado en el borde del caos

La creatividad es una característica básica de los sistemas complejos

Sergio Moriello

Tendencias 21

6 de Junio 2010

El proceso creador está situado en el "borde del caos". Emerge a partir de la "contradicción interna" entre elementos que se encuentran simultáneamente tanto en cooperación como en competencia. Un ejemplo lo constituye la evolución biológica, en donde hubo un proceso de innovación evolutiva seguida de otro proceso de extinción masiva. Otro ejemplo involucra la innovación tecnológica de las sociedades industriales: al principio, surgen algunos diseños diferentes (de bicicletas, automóviles, teléfonos celulares, computadoras), todos igualmente viables y –transcurrido un cierto tiempo – se produce una sobreabundancia de formas, sobreviven unas pocas de ellas y la innovación se focaliza en los relativamente pocos diseños que quedan. Ambos procesos son eminentemente creativos... Por Sergio Moriello.



Foto: Gongea Alexandru.Photoexpress.

Por el momento, no existe una definición precisa y absolutamente aceptada de lo que es un sistema complejo, sino que existen muchas propuestas alternativas. Esto se debe, probablemente, a que cubren toda la jerarquía de sistemas, desde los sistemas subatómicos hasta los sistemas sociales. No obstante eso, pueden darse algunas descripciones comunes...

En primer término, está compuesto por una gran cantidad de elementos (muchas veces más o menos parecidos, pero no siempre), generalmente estructurados de forma irregular. Por ejemplo, el número de células en un determinado organismo, o la cantidad de personas en una cierta sociedad, pero no una montaña de arena o un cristal de cuarzo.

En segundo lugar, cada elemento interacciona con sus vecinos de manera recíproca, interactiva y habitualmente no-lineal (ya que se crean lazos de realimentación, muchas veces incluso múltiples), y en distintas escalas espaciales y temporales, con lo cual se origina un comportamiento colectivo "emergente" que no puede explicarse a partir de dichos elementos tomados de forma aislada. Así, un gas se caracteriza por la presión y la temperatura, propiedades que sus elementos componentes (las moléculas) no poseen. Pero la interacción no es ordenada ni al azar; es decir, cada elemento no interacciona sólo con sus vecinos inmediatos (como en un cristal) ni con cualquier otro (como en un gas)... lo hace más bien con un pequeño número de vecinos (en algunos casos cercanos y en otros casos lejanos), formando redes.

Por último, es muy difícil predecir la dinámica futura de su desarrollo; o sea, es imposible –en la práctica– vaticinar lo que ocurrirá más allá de un cierto horizonte temporal (por cierto, relativamente corto). Es que su comportamiento colectivo puede modificarse drásticamente (con cambios, aceleraciones, ralentizaciones, oscilaciones, etc.) como consecuencia de su elevada sensibilidad a las condiciones iniciales. De allí que el análisis reduccionista se torna poco eficaz.

Procesos, que no productos

Los sistemas complejos existen como procesos y no como productos; no están terminados o definidos, no están “cristalizados”, sino que se caracterizan por un continuo desarrollo, en un perpetuo “estar haciéndose”. Se mantienen en un delicado equilibrio –dentro de ciertos límites – gracias a sus subsistemas de regulación y de control. Pero su comportamiento puede verse modificado –de forma imprevisible – por cualquier variación entre sus elementos componentes o entre sus relaciones.

Así, el desarrollo de esta clase de sistemas se caracteriza por la “intermitencia” (o fluctuación), aquella danza creadora en la que el orden y el desorden se alternan de manera cíclica para contribuir a la organización del sistema. Por eso, estos sistemas nunca llegan a un óptimo global, al estado de mínima energía. En general, se transforman progresivamente hasta que llegan al límite de su desarrollo potencial. En ese instante, sufren un desequilibrio, un desorden, una especie de ruptura que induce una fragmentación del orden pre-existente. Pero, después, comienzan a surgir regularidades que organizan al sistema de acuerdo con nuevas leyes, produciendo otra clase de desarrollo (ver La Auto-organización) [Moriello, 2003].

Las Luchas Internas

La antigua doctrina china de los complementos indica que todo contiene su opuesto. Así, cada cosa contiene a la vez la cosa misma y su opuesto; es una unidad de contrarios [Poltzer, 2008, p. 174]. Como una vez aseveró el filósofo griego Heráclito, “lo vivo y lo muerto, lo joven y lo anciano coexisten en uno mismo; lo primero se transforma en lo segundo y lo segundo en lo primero”.

Es que, en el interior de cada sistema –y de forma permanente – se libra una “lucha” entre fuerzas diferentes y opuestas. Las fuerzas dinámicas de estabilidad y orden “tratan de generar” las condiciones de equilibrio y de organización. Las fuerzas dinámicas de inestabilidad y desorden, en cambio, “tratan de generar” condiciones de desequilibrio y de desorganización.

Es decir, existen antagonismos internos que dan origen al comportamiento global de dicho sistema. Sus elementos se encuentran tanto en convergencia (cooperación) como en divergencia (competencia), por lo que existe una especie de “contradicción interna”, un “desacuerdo consigo mismo”. Y es esta contradicción interna la que posibilita que las cosas cambien, se transformen y evolucionen, ya que el cambio se constituye como la solución de ese conflicto... [Poltzer, 2008, p. 172 y 174]. En definitiva, dan origen al proceso creador.

Las contradicciones internas generan cambios que producen un reajuste, el cual se opone a dichas contradicciones. Pero esos mismos cambios son el origen de nuevas contradicciones, las cuales, a su vez, inducen nuevos cambios, y así siguiendo. No obstante, estos sucesivos cambios muestran una dirección definida, un “movimiento”, un cierto proceso auto-organizador; en otras palabras: representan un proceso dialéctico de desarrollo [Lange, 1975, p. 7]. Y, algunas veces, estas contradicciones terminan destruyendo el sistema existente y dando origen a la creación de un sistema nuevo con características muy diferentes a las de su predecesor [Poltzer, 2008, p. 204].

La Auto-organización

La variación y el cambio son etapas inevitables e ineludibles por las cuales debe transitar todo sistema complejo para desarrollarse. Responden a una ley muy general: transformación no-lineal, con discontinuidades en su estructura funcional, a través de sucesivas reorganizaciones [García, 2006, p. 75/6]. Es que el orden y el desorden, la desorganización y la reorganización, se necesitan el uno al otro, son interdependientes y constituyen la potencialidad creadora. Aunque antagónicos son, al mismo tiempo, conceptos concurrentes y complementarios, aspectos constitutivos de la realidad.

En ciertos casos, un poco de desorden posibilita un orden diferente y, a veces, más rico. Así, por ejemplo, un organismo puede seguir viviendo –a lo largo de los años – a pesar de la continua renovación de sus células; una organización se perpetúa –durante décadas – aunque haya un periódico recambio de sus miembros; o una ciudad puede seguir existiendo –a lo largo de los siglos– a pesar de la constante renovación de sus elementos (personas, casas, edificios, plazas, calles, cines, etc.) [Moriello, 2004].

La capacidad de auto-organización se erige como parte esencial de cualquier sistema complejo. Es la forma como surge espontáneamente un orden en el sistema a partir de la interacción de sus elementos, el cual le permite modificarse y acoplarse cada vez más estrechamente con el entorno que lo rodea y contiene [Moriello, 2004]. Para alcanzar ese estado, son claves los procesos de realimentación, que posibilitan transmitir los cambios por todo el sistema con mucha fluidez.

En los fenómenos de auto-organización es fundamental la idea de estructuración –disipativa y espontánea sobre la base de niveles. Las interrelaciones entre los elementos de un nivel originan nuevos tipos de elementos en otro nivel, los cuales se comportan habitualmente de una manera muy diferente (con una dinámica propia) [Resnick, 2001, p. 199]. Por ejemplo, de las moléculas a las macromoléculas, de las macromoléculas a las células y de las células a los tejidos. De este modo, el sistema auto-organizado se va construyendo paulatinamente como resultado de un orden incremental espacio-temporal que se crea en diferentes niveles, por estratos, uno por encima del otro y guiado por sus propias metas.

El Borde del Caos

Todo sistema lo bastante complejo, –sea un organismo, una mente, una organización, una sociedad o un ecosistema –, evoluciona de forma natural hacia y se mantiene dentro del estrecho dominio de “inestabilidad limitada”, oscilando periódicamente entre el orden inmutable y el desorden total, entre la constancia rígida y la turbulencia anárquica [Goodwin, 1998, p. 222]. Se trata de una condición especial, con suficiente orden (estabilidad) como para poder almacenar información-organización y desarrollar procesos, pero con una cierta dosis de desorden (inestabilidad) como para transmitir información-organización y ser capaz de adaptarse a situaciones novedosas.

Este difuso dominio transicional entre el orden y el caos es lo que se conoce como el “borde del caos” o el “estado crítico”. Es en esta delgada franja en donde los principales elementos del sistema encuentran el número adecuado de conexiones y mantienen una óptima comunicación, de forma tal que son máximas las capacidades potenciales de cambio y creación. En efecto, si bien muchas perturbaciones ejercen una pequeña influencia sobre el sistema, algunas pocas pueden generar cascadas de cambios (fenómenos de avalancha o de catástrofe). Es aquí donde se ubican los fenómenos emergentes propios de los sistemas vivientes, organizacionales y sociales [Moriello, 2004].

El comportamiento emergente será tanto más impredecible cuanto más complejo sea el sistema. Puede observarse, por ejemplo, en las hormigas (así como también en otros insectos sociales, como las termitas y las abejas) [Goodwin, 1998, p. 92/5 y 230/3]. Tomadas de manera individual no son para nada inteligentes. No obstante, al juntarse un suficiente número de ellas se observará una actividad colectiva de lo más interesante e inesperada. Cuando la densidad de hormigas es baja, la colonia se comporta de modo caótico, ya que hay escasos individuos y pocos encuentros entre ellas.

Pero, a medida que la densidad se incrementa, los encuentros se multiplican de manera exponencial y los patrones de actividad comienzan a distribuirse de manera más uniforme. Cuando la densidad alcanza un determinado valor umbral –súbitamente – estos patrones rítmicos se propagan y afectan a toda la colonia. En este punto, el caos vira a orden y el sistema se comporta de un modo colectivo no predecible a partir del comportamiento de sus elementos individuales. Podría concluirse, entonces, que las colonias regulan su propia densidad generando un orden emergente –un comportamiento global coherente – que las abarca totalmente y que las sitúa, de manera dinámica, en el borde del caos.

El Proceso Evolutivo

El proceso evolutivo hace referencia a la dinámica de transformación que experimenta un sistema complejo durante su desarrollo temporal. No es continuo y gradual, sino que se verifica a través de una sucesión de desequilibrios y reorganizaciones [García, 2000, p. 77], exhibiendo toda la creatividad de la que hace gala la Naturaleza. Aunque desordenado e impredecible, es un proceso cibernético, ya que parece revalidar constantemente sus modelos y autocorregirse por supresión de errores. Y se verifica en muchos tipos de sistemas (biológicos, psicológicos, sociológicos, tecnológicos, etc.).

El patrón de desarrollo viable que permite la evolución creativa de un sistema desde la relativa simplicidad hasta la relativa complejidad se puede concebir como el resultado de un proceso dialéctico de diferenciación (de estructuras) e integración (de funciones) [Heylighen, 2008]. La diferenciación produce variedad, división del trabajo y desorden; mientras que la integración produce constricción, incremento en el número o en la intensidad de las conexiones y orden.

Ambos procesos producen una jerarquía de metasistemas anidados que tienden a auto-reforzarse [Heylighen, 1988]. Cada nuevo nivel trasciende al anterior, así como lo incluye. O sea, cada nuevo nivel va más allá del anterior (en cierto sentido lo supera) y, a la vez, lo incluye en su propia organización. En este sentido, resulta bastante evidente cómo la sociedad "es más" que el individuo, pero que igualmente lo incluye en su conformación.

Un ejemplo lo constituye la evolución biológica, en donde hubo un proceso de innovación evolutiva seguida de otro proceso de extinción masiva. Otro ejemplo involucra la innovación tecnológica de las sociedades industriales: al principio, surgen algunos diseños diferentes (de bicicletas, automóviles, teléfonos celulares, computadoras), todos igualmente viables y –transcurrido un cierto tiempo – se produce una sobreabundancia de formas, sobreviven unas pocas de ellas y la innovación se focaliza en los relativamente pocos diseños que quedan [Lechín, 2002, p. 90]. Ambos procesos son eminentemente creativos...

*** [Sergio A. Moriello](#) es Ingeniero en Electrónica, Postgraduado en Periodismo Científico y en Administración Empresarial y Magíster en Ingeniería en Sistemas de Información. Lidera GDAIA (Grupo de Desarrollo de Agentes Inteligentes Autónomos, UTN-FRBA) y es vicepresidente de GESI (Grupo de Estudio de Sistemas Integrados). Es autor de los libros Inteligencias Sintéticas (Alsina, 2001) e Inteligencia Natural y Sintética (Nueva Librería, 2005).**

Bibliografía

1. García, Rolando (2006): Sistemas Complejos. Barcelona, Editorial Gedisa.
2. García, Rolando (2000): El conocimiento en construcción. Barcelona, Editorial Gedisa.
3. Goodwin, Brian (1998): Las Manchas del Leopardo. Barcelona, Editorial Tusquets.
4. Heylighen F. (2008): [Five Questions on Complexity](#). C. Gershenson (ed.): Complexity: 5 questions, Automatic Press / VIP.
5. Heylighen, F. (1988): [Building a Science of Complexity](#)
6. Proceedings of the 1988 Annual Conference of the Cybernetics Society.
7. Lange, Oskar (1975): Los "todos" y las partes. México, Fondo de Cultura Económica.
8. Lewin, Roger (2002): Complejidad. Barcelona, Tusquets Editores, 2ª edición.
- Moriello, Sergio (2004): [Ingeniería genética y nanotecnología pueden alumbrar nuevas especies artificiales](#). Sitio Tendencias 21, 11 de septiembre.
- Moriello, Sergio (2003): [Sistemas complejos, caos y vida artificial](#). Sitio Red Científica, marzo.
9. Resnick, Mitchel (2001): Tortugas, Termitas y Atascos de Tráfico. Barcelona, Editorial Gedisa.
10. Politzer, Georges (2008): Principios Elementales de la Filosofía. Buenos Aires, Editorial Gradifco.