

2017
Dossier

**Anexo 1 – Resumen: “Tres generaciones de teorías de la complejidad:
tonos y ambigüedades”, por Inés Aguerrondo.**
Propuesta Educativa Número 47 – Año 26 – Jun. 2017 – Vol.1 – Págs. 86 a 90

Anexo 1

Tres generaciones de teorías de la complejidad: tonos y ambigüedades* (Resumen)

TRADUCCIÓN: INÉS AGUERRONDO

Introducción: Complejidad vs complejidades

Reducir la complejidad a una forma singular (Teoría de la Complejidad o Ciencia de la Complejidad) puede llevar a descuidar una gama de diferentes teorías que se refieren y tienen implicaciones con la noción de complejidad. En este artículo se sugiere la importancia de usar el término atendiendo a sus tonalidades, evitando de este modo las simplificaciones.

A partir de una lógica cronológica que discrimina tres generaciones de teorías de la complejidad, este capítulo ilustra primero sus raíces epistémicas y socio culturales para pasar luego a iluminar algunas interpretaciones subyacentes en la definición de complejidad desde las perspectivas epistemológica y antropológica.

Raíces etimológicas

Desde la idea de “comprender/abarcando varias partes conectadas” a menudo se entiende complejidad como sinónimo de compuesto, complicado, abarcador, intrincado. También se refiere a lo que no es fácil de analizar o desentrañar. Usado en su origen en la fisiología (siglo XVIII), la expresión migró a la economía, la química, la biología y la geometría. En el siglo XX apareció en el psicoanálisis, la psicología (Gestalt) y la medicina.

Generalmente se usa oponiéndola a ‘simplicidad’, enfatizando la dimensión patológica, densa, intrincada, rebelde al orden normal del conocimiento. Probablemente en esto reside la confusión entre “complejo” y “complicado”.

Génesis contemporánea

En 1934, probablemente Bachelard fue el primero en legitimar epistemológicamente el rol de la complejidad como el ideal de la ciencia contemporánea. “*No hay ideas simples porque una idea simple, para ser entendida, está siempre inserta en un sistema complejo de pensamientos y experiencias*”, decía Bachelard. Si “complicación” se refiere a una situación intrincada a la espera de ser desenredada, “complejidad” supone la no-simplicidad fundamental del fenómeno estudiado.

Recién una década después, la comunidad científica se apropió del concepto de complejidad. En 1948, en *Ciencia y Complejidad*, Weaver considera la transformación de las ciencias desde el siglo VII e identifica la emergencia sucesiva de tres modos específicos de concebir la complejidad de los problemas encarados por los científicos.

El primero, luego de identificarlo como “el paradigma de la simplicidad”, emerge entre el siglo XVII al XIX. A partir del modelo de la física clásica, valoriza la objetividad, la explicación causal,



Michel, A-J. (2008), “Three generations of Complexity Theories: nuances and ambiguities” en: Mason, M. (ed), *Complexity Theory and the Philosophy of Education*, Wiley-Blackwell, UK, 2008.

los datos cuantitativos y la certeza. A partir de la segunda parte del siglo XIX, el descubrimiento de fenómenos desordenados cuestiona el paradigma de la mecánica racional. Weaver identifica entonces un segundo paradigma que tiene que ver con problemas de "complejidad desorganizada", asociada con el desarrollo de modelos propuestos desde la estadística y la teoría de la probabilidad, cuya perspectiva considera el desorden como una parte integral de los fenómenos naturales.

De todos modos, Weaver observa que esos marcos no permitían resolver muchas preguntas de los científicos ya que muchos problemas contemporáneos de la medicina, la biología, la psicología, la economía y la ciencia política resultaban demasiado complicados para ser interpretados por el segundo paradigma. Weaver los identifica como de "complejidad organizada" y los agrupó bajo "todos los problemas que tienen que ver a la vez con un número abaricable de factores que están interrelacionados en un todo orgánico".

Desde 1940 hasta ahora se han sucedido tres generaciones de teorías que han pasado de la "complejidad organizada" a la "complejidad organizándose" lo que nuevamente reintroduce las incertidumbres fundamentales del investigador, como lo vio Bachelard.

Primera generación (65)

De la Segunda Guerra Mundial surge el embrión de dos tendencias científicas: los artefactos electrónicos de computación y el "análisis operacional".

La teoría matemática de la comunicación

A partir de su trabajo previo en criptología militar, en 1947 Shannon desarrolló una teoría en la que el intercambio de información (dígito binario o "bit") se podía observar y medir estadísticamente. La teoría de la información contribuyó a explicar el fenómeno de la complejidad organizada como la reducción de la entropía (desorden) observada cuando un sistema (vivo o artificial) absorbe energía externa y la convierte en organización o estructura (orden).

Teoría de autómatas y redes neuronales

Basadas en el trabajo previo en lógica formal y simbólica, y apoyadas en las contribuciones de Turing en los años 30, se desarrollaron las "teorías de autómatas" para tratar el cuerpo de principios físicos y lógicos subyacentes a la operación de cualquier artefacto electromecánico que convierte información de una forma a otra a través de un procedimiento específico. Los autómatas están gobernados por operaciones cuyos principios se pueden percibir como una secuencia de estados que pueden considerarse en forma abstracta, como un conjunto de *inputs*, *outputs* y reglas de operación (Nelson, 1967). La "Teoría de los autómatas" contribuyó a una nueva percepción de la complejidad organizada cuando fue enriquecida por la investigación de McCulloch y Pitts sobre las redes neuronales (1943) y por el trabajo de von Neumann sobre "auto-reproducción". Basados en su investigación neurofisiológica, McCulloch y Pitts ofrecieron una descripción matemática de algunos rasgos del sistema neuronal. El concepto de redes neuronales suponía una configuración geométrica constituida por un gran número de "neuronas formales" operando como autómatas. Este concepto de redes neuronales ofreció al mismo tiempo una poderosa herramienta conceptual para representar una posible ontología de la complejidad organizada.

Cibernética

Surge en 1941 como investigación del ejército norteamericano. Introduce el concepto de *feedback* para describir como se adapta un sistema al medio partir de una finalidad pre-definida. En 1949 la "Conference Macy", aún con poca discusión y base epistemológica, tuvo gran importancia para legitimar estas nuevas corrientes de investigación referidas a la complejidad.

Análisis de operaciones e investigación operacional

Para resolver problemas de táctica y estrategia, en la Segunda Guerra los ingleses armaron equipos mixtos conocidos como "grupos de análisis de operaciones". Esto se institucionalizó al final de la guerra como "investigación operacional" que buscaba desarrollar algoritmos para resolver procesos de decisión multidimensionales que incluyen incertidumbre. Los cientos y miles de variables incluidas en un problema de complejidad organizada se transformaron y redujeron a expresiones matemáticas lineales que pudieran ser manejadas por las computadoras.

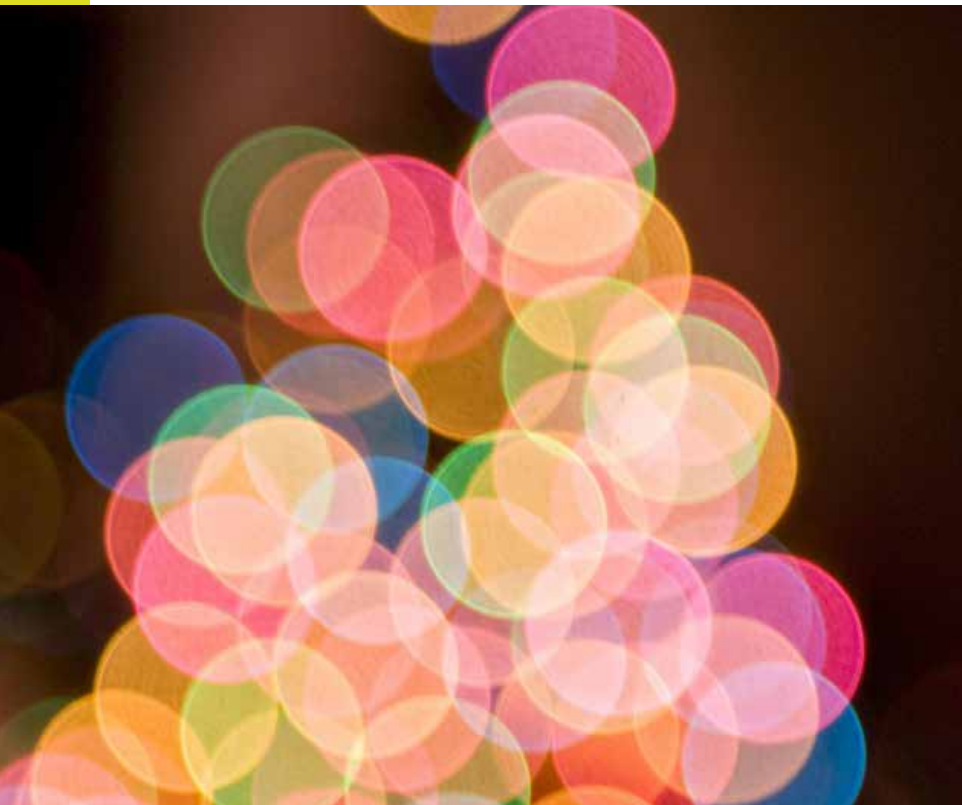
Segunda generación

En 1960 se introduce por primera vez la noción de complejidad en un *journal* americano de epistemología (Simon, 1962). El contexto sociocultural que ayuda a su desarrollo es el crecimiento de las grandes corporaciones, el progreso de la tecnología y el contexto de la Guerra Fría.

Ciencias de la computación y ciencias de la Ingeniería

Debido a la necesidad de manejar grandes masas de datos se conciben diversos modelos matemáticos y se establece la noción de "complejidad algorítmica". Se desarrollan campos de la

matemática que contribuyen a proveer definiciones instrumentales de la complejidad que no tienen en cuenta (*bypass*) la cuestión de su legitimidad epistemológica.



Ciencias de la administración e Inteligencia Artificial

Localizada en la interfase de las ciencias económicas, las ciencias de la computación, la psicología, y la lógica, y apoyada en métodos heurísticos de investigación, la Inteligencia Artificial (IA) permitió representaciones aproximadas de situaciones reales más exactas que las calculadas con los algoritmos de la investigación operacional. El desarrollo de la IA contribuyó a la

flexión epistemológica sobre la legitimidad de sus raíces disciplinarias lo que inició lo que hoy se conoce como la epistemología constructivista de la complejidad.

La ciencia de sistemas

En 1945 von Bertalanffy plantea que todos los todos-organizados de cualquier tipo deben describirse, y hasta cierto punto, explicarse, usando las mismas categorías y, en última instancia, el

mismo aparato formal. Su "Teoría General de los Sistemas" alentó en los 50 un movimiento que trató de identificar las estructuras y los mecanismos invariantes a lo largo de diferentes clases de todos-organizados.

Desde 1970, la Teoría de los Sistemas tuvo dos corrientes antagónicas epistemológicamente. La primera propone técnicas para reducir la complejidad. La segunda (Piaget, Simon, Morin, von Foerster) favorecen una definición de sistemas complejos reconociendo la naturaleza constructivista de su modelo. Esta perspectiva reconoció la importancia de la relación atando (*binding*) el observador al fenómeno.

Auto-organización

El concepto surge en 1930 con von Bertalanffy pero se impone en los 60 con la contribución de von Foerster sobre "sistemas no triviales" que describen las organizaciones autónomas como sistemas cuyos *inputs* no son totalmente independientes del *feed-back* producido por sus *inputs* (cibernética de segundo orden).

Así, se conciben las organizaciones complejas como sistemas autónomos cuya evolución es una función tanto del medio como de las relaciones entre sus propios componentes. Esto permitió redefinir los fenómenos complejos organizados como EMERGENCIAS que resultan no solo de su orden constitutivo sino también del desorden (ruido y fluctuación) que caracteriza las relaciones entre sus componentes.

El estudio de la dinámica no-lineal: estructuras disipativas, catástrofes, teoría del caos y fractales

En 1969 con el descubrimiento de Prigogine de las "estructuras disipativas" se reconsidera la idea de ENTROPIA. Su equipo demuestra la posibilidad de que un proceso irreversible (disipación de energía) pueda jugar un rol constructivo y ser la fuente del orden.

Al principio de los 70, la "teoría del caos" da cuenta de la importancia de la precisión en las condiciones iniciales. Finalmente, el concepto de "fractalidad" que introduce Mandelbrot (1983) referido a características geométricas de fenómenos naturales, permite que el orden geométrico se perciba en un aparente desorden.

Biología evolucionaria

Con el descubrimiento del ADN, en los 60 se desarrollan nuevas teorías para explicar la emergencia de la vida como un fenómeno predecible aunque improbable. Se revisa la evolución, se agregan teorías que hacen puente entre la emergencia de la vida y la de la cognición. Basado en el concepto de la autopoiesis de Maturana se proveen nuevas representaciones de "adaptación", "evolución", "self", "autonomía" y "emergencia". Esta investigación posicionó al estudio de la evolución de la vida en el centro de los desarrollos que ayudaban a entender fenómenos complejos.

Tercera generación

En los años 80, la investigación sobre complejidad siguió dos caminos. El primero, más visible en el mundo de habla inglesa a través del estudio de "sistemas adaptativos complejos", es el más comprendido. El segundo, más prevaeciente en los países latinos, se caracteriza por su dimensión reflexiva que explora los nuevos modos de representar las complejidades múltiples y que promueve una epistemología orientada por la voluntad de los científicos.

Sistemas complejos adaptativos

En 1980 se crea en Nueva México el *Santa Fe Institute* que acuña el concepto de Sistemas Complejos Adaptativos (CAS). Una serie de investigaciones terminan en que el estudio de los CAS reforzó una lógica que crecía dentro de la investigación: tratar de modelizar y estimular comportamientos que presentaran analogías con fenómenos orgánicos, ecológicos o socialmente complejos. Esto reforzó una comprensión de la complejidad que requería que los investigadores crearan y organizaran las reglas de su concepción en lugar de tratar de inferirlas de la observación empírica.

Intelligence de la complexité

La reflexión epistemológica sobre la complejidad es bastante reciente. El trabajo de Morin está en el centro de estas contribuciones. Morin se inició con el estudio de la antropología del conocimiento. Criticó el dualismo usual y usó estas contribuciones para cuestionar las limitaciones de los procesos contemporáneos de producción de conocimiento. Localizada en la intersección de la filosofía, la física, la biología y las ciencias humanas, su reflexión creó un bucle epistémico que asoció la emergencia del conocimiento organizado (ciencia) con la creación del conocimiento organizador.

Su paradigma de auto-eco-re-organización critica la compartimentalización epistemológica e institucional de la ciencia y la filosofía contemporánea. El trabajo de Morin contribuyó a la legitimación de muchas corrientes de investigación que comparten el mismo compromiso ético en relación con la construcción de nuevos modelos de producción del conocimiento.

Resguardando lo complejo de la complejidad

Aunque el esquema anterior parezca lineal, la cantidad de líneas y conceptos que se suceden ilumina el desorden constitutivo que dio forma a su evolución. Para ilustrarlos resaltaremos las variaciones epistemológicas que subyacen a la complejidad y algunas de las ambigüedades que conlleva.

Variaciones epistemológicas

El éxito contemporáneo de la complejidad se instala o tiene relación intrínseca tanto en el poder de la metáfora como en la eficiencia de los algoritmos asociados con ella. Para ser representada y discutida, la complejidad incluye traducciones entre lenguajes simbólicos, formales e informales. Estas interpretaciones agregan necesariamente una capa de incertidumbre.

Ambivalencias socio-culturales

Las teorías de la complejidad contribuyeron a la promoción de representaciones no-dualistas, no-jerárquicas y no-lineales reformulando los modos de comprender temáticas contemporáneas. Ha invitado también a reconsiderar una pluralidad de disciplinas, cuestionando su legitimidad epistemológica.