



CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Junio 2020



Universidad Bicentennial de Aragua

Publicación correspondiente a la serie de libros y revistas arbitradas del Fondo Editorial de la Universidad Bicentennial de Aragua (FE-UBA)

SERIE NODO ITC

Volumen 1 No 2 - Julio 2020

COMITÉ EDITORIAL

Germán López (USC, Colombia)
Crisálida Villegas G (UBA, Venezuela)
Arturo Dávila (Univeris, Ecuador)
Alicia Uzcátegui (UPEL, Venezuela)
Eugenia Repreza (Universidad Católica, El Salvador)
Yesenia Centeno (NODO ITC, Venezuela)
Rosa B. Pérez (UNA, Venezuela)

PORTADA

Waleska Perdomo

DIAGRAMACION Y COMPILACION

Nohelia Alfonzo

Crisálida Villegas

FORMATO ELECTRONICO

Rosy León

Fecha de Aceptación: Marzo, 2020

Fecha de Publicación: Julio, 2020

Se permite la reproducción total o parcial de los trabajos publicados, siempre que se indique expresamente la fuente.

© UNIVERSIDAD BICENTENARIA DE ARAGUA

Depósito Legal: pp200202AR289

ISBN: 1690-3064

Reservados todos los derechos conforme a la Ley



AUTORIDADES

Basilio Sánchez Aranguren

Rector

José Domingo Mora

Vicerrector Académico

Gustavo Sánchez

Vicerrector Administrativo

Edilia Papa

Secretaria

Serie NODO ITC, Volumen 1, Número 2, Año 2020
San Joaquín de Turmero- Universidad Bicentenario de Aragua

Es una publicación correspondiente a la serie de libros arbitrados del Fondo Editorial de la Universidad Bicentenario de Aragua (FE-UBA) en convenio con la Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT). Tiene como propósito divulgar los avances de estudios, casos o experiencias de interés para el desarrollo de la investigación universitaria y el pensamiento transcomplejo; producto de la actividad de los miembros del Nodo ITC (Investigación, Transcomplejidad y Ciencia) de la Red Internacional InComplex. Es una publicación arbitrada por el sistema doble ciego, el cual asegura la confidencialidad del proceso, al mantener en reserva la identidad de los árbitros.

CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

ÍNDICE

		pp.
	Presentación. Crisálida Villegas	<u>5</u>
I	Articulación Dialéctica entre Ciencias de la Complejidad y Transcomplejidad. Lisbeth Guerra	<u>8</u>
II	Modelamiento: Desde la Simplicidad a la Complejidad. Sandra Jiménez	<u>25</u>
III	Lógicas No Clásicas / Divergentes. Panorama Sinóptico. Nohelia Alfonzo	<u>37</u>
IV	Cambio de Perspectiva de la Sociedad desde la Teoría de las Catástrofes. Una Visión Transcompleja. Alicia Ramírez y Fernando Castillo	<u>50</u>
V	Teoría de los Enjambres desde la Percepción Transcompleja Empresarial. Rosy León	<u>59</u>
VI	Sistemas Evolutivos de las Ciencias de la Complejidad. Lourdes Meza	<u>68</u>
	Referencias	<u>77</u>

PRESENTACIÓN

Crisálida V. Villegas G.¹

En el contexto mundial la ciencia de punta son las ciencias de la complejidad, término que se acuña a raíz de la Fundación del Instituto Santa Fe en Nuevo México, cuyo interés es la dinámica de los sistemas complejos, especialmente determinados problemas de fronteras y cuyo rasgo definitorio es la inter y transdisciplinariedad. Se relacionan de manera recursiva con la computación.

Las ciencias de la complejidad responden a la evolución del pensamiento científico del siglo XX. Sus principales orígenes se encuentran en la matemática y en tres pensadores: Poincaré, Gödel y Turing. Así mismo son herederas de la triada Bachelard, Canguilhem y Koyre. Constituyen un territorio innovador y un radical avance en la historia del conocimiento, que incorpora la capacidad de ver relaciones y tipos de relaciones donde no las habías; son las ciencias de la transición orden/desorden.

Las ciencias de complejidad se caracterizan por la no linealidad, emergencias, autoorganización, turbulencias, fluctuaciones, diversidad, alteridad e incertidumbre. Así mismo sus lógicas son múltiples, lo que implica el reconocimiento de que existen diversos modos de verdad, evidenciando un pluralismo lógico; por ende epistemológico, metodológico y de lenguajes. En consecuencia, pluralismo de formas de pensar y de vivir. Destacan en estas la metodología del modelado y simulación de sistemas complejos, apoyadas en el cálculo computacional.

¹ Postdoctora en Ciencias de la Educación, Educación Latinoamericana y del Caribe, Investigación e Investigación Transcompleja. Doctorado en Ciencias de la Educación. Magister Scientiarum en Andragogía. Profesora de Biología y Química. Directora de FEDUBA. PEII Emérito.

Su finalidad prioritaria no es la solución de problemas, sino que fundamentalmente exploran espacios, abren horizontes y anticipan procesos, fenómenos y dinámicas. De acuerdo a Maldonado (2009) "son ciencias de posibilidades y la realidad es, en rigor, tan solo un modo de la posibilidad" (p.16).

Las principales teorías de la complejidad son en ese orden: la termodinámica del no-equilibrio (Prigogine), ciencia del caos (Lorenz), fractales (Mandelbrot), teoría de las catástrofes (Thom), lógicas no clásicas (Brouwer) y la ciencia de redes (Strogatz). Hoy en día el caos y los fractales han llegado a integrarse a la termodinámica del no equilibrio. También la mirada se ha desplazado hacia la computación bioinspirada y la inteligencia artificial, vida artificial, sistemas evolutivos e inteligencia en enjambres, entre otras.

Algunas de estas fueron discutidas a lo largo del texto que hoy presentamos en la comunidad académica, el cual se presenta estructurado en ocho capítulos. En el primero, Lisbeth Guerra diserta acerca del modelamiento de los sistemas complejos como articulación entre las ciencias de la complejidad y la transcomplejidad. En la misma temática, en el segundo, Sandra Jimenez sigue profundizando en el tema del modelamiento, que en el contexto de la complejidad consiste en el conocimiento, el estudio y el trabajo con sistemas complejos no-lineales con la ayuda del computador, apoyado en intuiciones y experimentos mentales.

Seguidamente, en el tercer capítulo Nohelia Alfonzo presenta un panorama sinóptico de las lógicas clásicas no divergentes. En tal sentido, destaca la lógica difusa que caracteriza los sistemas bioinspirados. En correspondencia, en el cuarto, Alicia y Fernando Castillo analizan la teoría de

las catástrofes con base a la pandemia que actualmente afecta a la sociedad en el mundo entero. En este sentido, si bien este planteamiento como teoría matemática casi desaparece, pero persiste como un lenguaje que ha llegado a subsumirse en las lógicas no clásicas.

En el quinto, Rosy León relaciona de una manera original la teoría de los enjambres con el mundo empresarial en una percepción transcompleja. Finalmente, Lourdes Meza estudia los sistemas evolutivos de las ciencias de la complejidad. En estos dos capítulos se hacen planteamientos de las teorías más contemporáneas de las ciencias de la complejidad, como aquellas que reconocen la idea de procesos y sistemas en paralelos, no jerarquizados, sin control central y en la que el centro emerge siempre en función de cada situación determinada.

Los temas han sido tratados en un lenguaje que trata de ser fresco y comprensible, al ser ilustrado con situaciones de la cotidianeidad, y no por esto pierdan su profundidad. De ahí que esperamos pueden ser útiles a los lectores para iniciar su estudio y posterior búsqueda.

ARTICULACIÓN DIALÉCTICA ENTRE CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD Y TRANSCOMPLEJIDAD

Una Aproximación desde el Modelamiento de los Sistemas Complejos

Lisbeth Guerra²

La transición de un pensamiento científico clásico simplificador y reduccionista hacia un pensamiento sistémico – complejo, sin lugar a dudas, moviliza y habilita nuevos marcos interpretativos para la ciencia e implica grandes desafíos epistemológicos para la comunidad científica en general. El mapa cognitivo arrojado por la complejidad, desde sus inicios hasta la actualidad, representa una verdadera revolución del conocimiento científico, tanto así que Stephen Hawking señaló, que el siglo XXI, se está convirtiendo en el siglo de la complejidad, se observa cómo diferentes tradiciones intelectuales, validan sus discursos asumiendo redes intercategoriales, derivadas de los grandes avances en las ciencias de la complejidad.

En ese sentido, el capítulo, cartografía y destaca los avances de esta nueva arquitectura científica, en el marco de la articulación dialéctica entre transcomplejidad y ciencias de la complejidad, articulación en la que, el modelamiento de los sistemas complejos, representa una piezas importante en el puzle teórico y operativo de las ciencias de la complejidad, implicando un nuevo modo de pensar y de producir la ciencia, conllevando a la necesidad de equiparse con cajas de herramientas de alta sensibilidad que generen un diálogo fructífero, entre las tradiciones intelectuales que marcan pauta en el terreno de los grandes desafíos epistemológicos.

² Posdoctorado en Gestión del Conocimiento. Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales. Magister en Administración, Mención: Gerencia General. Licenciada en Sociología. Docente – Investigadora UNELLEZ. lisbethg480@hotmail.com. Conferencista y Escritora. PEI nivel B, <https://orcid.org/0000-0003-3453-680X>

El proceso de transformación en las ciencias sociales, generado a partir de este “giro de la complejidad” planteado por Blaikie (2007) ha permitido a la comunidad científica, plantearse nuevos campos temáticos en el plano teórico, metodológico, praxiológico, axiológico y epistemológico; coherentes con proyectos de investigación orientados al estudio de los sistemas complejos adaptativos, que tienden hacia estudios de naturaleza inter y transdisciplinaria.

Lo que introduce en una nueva forma de entender la dinámica y organización del conocimiento ya no como algo dado y estático en estructuras rígidas, sino como una realidad configurada y en permanente mutación; que sitúa en una postura de observación, que puede contribuir a la decantación del conocimiento científico. Lo que conlleva al debate sobre el problema del determinismo epistemológico, la reducción ontológica, la imposibilidad de permanecer estático e inamovible en un mundo configurado, postula la importancia de la pluralidad intelectual en el conjunto de las ciencias sociales.

E igualmente, en el marco de la apropiación de los sistemas complejos, se evidencia un renovado interés por las redes de producción de conocimientos, los procesos de hibridaciones en el contexto de lo que Maldonado (2009) ha planteado reiteradamente en sus investigaciones como:

...la emergencia de las ciencias de fronteras, frente a la lógica disciplinaria, referencia para la organización del conocimiento durante mucho tiempo, en contraste la nueva ciencia que emerge de los principios de la complejidad, se autoorganiza en función de grandes problemas que afectan a la humanidad, representan investigaciones transdisciplinarias de gran alcance. (p.150),

La inter y transdisciplinaria, así como la superación de la lógica clásica por lógicas no- clásicas, coherentes con la ontología de pluralidad y diversidad de los fenómenos.

Estas lógicas emergen como inteligencias de enjambres que apuestan a un pluralismo lógico, coherente con el estudio de sistemas complejos, hipercomplejos, que ameritan de procesos de estudio transdisciplinarios, traen a colación un punto controversial, el hecho de que los instrumentos de investigación no son lo suficientemente exhaustivos en la búsqueda de la complejidad en sus diferentes niveles, por consiguiente, se amerita del uso de lógicas epistémicas particulares, paraconsistentes, contrastantes, difusas, borrosas.

La producción y distribución del conocimiento, se presenta desde una concepción multidimensional y plural, revelado en una trama o en el tejido de una red, que se reconfigura a través de una nueva episteme instalada desde una lógica transclásica policontextural según Briceño (2008) compuesta por múltiples contexturas en los que diferentes elementos pueden adquirir valores distintos. La praxis científica, en ese sentido, se orienta hacia programas de investigación inter y transdisciplinarios, organizados en una dinámica sistémica y trans-sistémica de los procesos de interacción entre naturaleza y sociedad, cargado de paradojas.

Dialéctica entre transcomplejidad y ciencias de la complejidad

La transcomplejidad busca consolidarse como un lugar de convergencia intelectual, para lograr una amplia labor de reconfiguración epistemológica, en palabras de Lanz (2010) la emergencia del pensamiento complejo de acuerdo a Morin (1994) y la mirada transdisciplinaria de Nicolescu (1996) deben estar plenamente articulados a los contenidos culturales de esta época y al sustrato teórico de la tradición intelectual posmoderna. Para este autor la transcomplejidad significa en la experiencia práctica y en las formas de

pensamiento una poderosa transfiguración que conjuga una amplia gama de revoluciones micro-lógicas que vienen ocurriendo en los pliegues transversales de la sociedad, al respecto:

La categoría de transcomplejidad (posmoderna) no es un adminículo puramente técnico que el investigador puede transportar de un lado a otro sin pagar ciertos peajes teóricos. Ello quiere decir que el uso nominalista de esta terminología puede carecer completamente de sentido si no está articulada a la matriz epistémica que le da sustento (p. 219).

En ese sentido, la transcomplejidad crea las condiciones para un proceso de intercambio discursivo y genera posibilidades metodológicas en la praxis científica, desde la investigación transcompleja en diferentes dominios de conocimientos, aporta criterios sobre el método y las plataformas tecno-procedimentales pertinentes. Una visión transdisciplinaria apunta a los modos de abordar los procesos de producción de conocimiento. En ese marco de la convergencia intelectual, emerge el concepto investigación transcompleja, propuesto por Schavino y Villegas (2010) como:

Un proceso bio-afectivo cognitivo, pero también socio-cultural-institucional-político de producción de conocimientos, como un producto complejo que se genera de la interacción del hombre con la realidad de la cual forma parte. Este enfoque supera las disyunciones sujeto-objeto, y abre camino a lo interaccional y a lo reticular, como fuentes constitutivas de la realidad compleja (p. 4).

Todo lo anteriormente mencionado, alude a la construcción de una nueva plataforma epistemológica del conocimiento, una eco-cognición desplegada en redes complejas del conocimiento y conexiones rizomáticas entre diferentes metadominios del conocimiento, lo que interpela a desarrollar el mirar reflexivo, donde lo que se sabe, lo que se piensa, lo que se escucha es cuestionado, puesto en duda; para desde la otra doxa hacer el camino opuesto, o al menos diferente al ya conocido. En ese sentido, Balza (2009) plantea que:

La perspectiva transcompleja del pensamiento parte de una base filosófica y de fundamentos epistémicos que se encuentran siempre en elaboración, que permiten al investigador construir cosmovisiones respecto al mundo en su conjunto con múltiples interpretaciones acerca del aporte de distintas disciplinas del conocimiento. Este complejo proceso de la cognición humana conduce al sujeto cognoscente a un desaprendizaje, a un desmontaje de los viejos entramados de saberes aislados y disciplinarios (p.61).

En ese mismo orden de ideas, Guzmán y Cayuna (2015) abordan la transcomplejidad como la conformación de un tejido teórico-reticular, desde una nueva cosmovisión, que integra lo abstracto y lo concreto, que tiene como ejes del conocimiento los sistemas complejos, desde una epistemología centrada en la multidimensionalidad, multireferencialidad, relacionalidad, reticularidad, multiversalidad.

En este marco se centra el análisis de la transcomplejidad, en el dominio del conocimiento de las ciencias de la complejidad, como objeto de reflexión e indagación científica, partiendo de la demarcación y tipificación de los problemas científicos que Warren Weaver (1948), denominó problemas de complejidad, en el que hace la distinción entre: problemas de simplicidad organizada, problemas de complejidad desorganizada y problemas de complejidad organizada; lo que permite establecer la distinción epistemológica entre: entre modelos mecánicos, estadísticos y sistémicos (o complejos); ubicándose este análisis, en el estudio de los problemas de complejidad organizada, que son abordados por los modelos sistémicos de acuerdo a Reynoso (2006).

Esta demarcación de los problemas de complejidad, como objeto de indagación científica, remite al estudio del comportamiento auto-organizado, emergente, adaptativo y no lineal de fenómenos del mundo físico, biológico y

social, que según Miller y Page (2007) aluden a nociones de: caos, no-linealidad, no-equilibrio, la indecibilidad, la incertidumbre, la contradicción, el azar, la temporalidad, la emergencia, la auto-organización.

Los estudios más relevantes de las ciencias de la complejidad, provienen de diferentes campos disciplinares, en palabras de Rodríguez Zoya y Aguirre (2011), estos problemas han sido abordados por un conjunto de teorías, entre las que cabe destacar: la cibernética de primero y segundo orden, la epistemología genética, la teoría de la auto-organización, la teoría general de los sistemas, geometría fractal, teoría de los autómatas celulares, la termodinámica de los procesos irreversibles, teoría de la autopoiesis, la teoría de las catástrofes , entre otras.

En ese sentido, es pertinentes cartografiar algunos abordajes y debates en la comunidad científica sobre problemas de complejidad organizada, abordados desde las ciencias de la complejidad, en el que se registran diferentes programas de investigación: La teoría de los sistemas complejos (TSC) de Rolando García, de los sistemas sociales complejos (TSS) de Niklas Luhman.

Según Maldonado (2007, 2009) la fortaleza de las investigaciones en red en torno a los sistemas complejos no lineales, consiste, por un lado en el gran número de instituciones involucradas en su estudio y por el otro, en la clase de fenómenos abordados desde una óptica de complejidad: los sistemas dinámicos no-lineales.

En este aspecto, Reynoso (2006) propuso dos grandes categorías como criterio ordenador del campo: los paradigmas globales de la complejidad (pensamiento de Morin, teoría de la información, teoría general de los sistemas,

cibernética, teoría de las catástrofes, teoría de las estructuras disipativas, la autopoiesis, entre otras) y los algoritmos de la complejidad (autómatas celulares, las redes booleanas aleatorias, los modelos basados en agentes, el algoritmo genético entre otras técnicas de modelización). Este autor se destaca en el campo de la modelización de los sistemas complejos.

Entre otros de los programas de investigación que profundizan en el estudio de los sistemas complejos, destacan: Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad (*IFICC*) grupo de expertos en modelamiento matemático-computacional en ciencias sociales; grupo de estudios interdisciplinario sobre complejidad y ciencias sociales en América Latina, dirigido por Leonardo, Rodríguez Zoya (2014); instituto de sistemas complejos de Valparaíso, sistemas complejos aplicados a la biología, física y matemática, ciencias cognitivas, filosofía, urbanismo, economía, redes en general; centro de ciencias de la complejidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); entre muchos otros centros y programas de investigación, en el ámbito de las ciencias de la complejidad.

Ahora bien, es importante destacar las controversias científicas, que se presentan en el campo de conocimiento asociado con el estudio de los sistemas complejos, ya que proporcionan un buen punto de observación de las tensiones del campo. Uno de los puntos críticos ampliamente debatido, lo representa el problema de la demarcación, es decir, la controversia que diferencia al pensamiento complejo de Edgar Morin de las llamadas ciencias de la complejidad, vinculado con el alcance del término complejidad, no por sus límites sino por la clase de problemas que abarca. El espacio controversial entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad o sistemas

complejos adaptativos, constituye un campo de tensión epistemológica y metodológica acerca de cómo pensar e investigar la complejidad en todos los sistemas tanto físicos como sociales.

En esa línea de análisis, se inscriben los planteamientos de Rodríguez Zoya Y col (2014) en el contexto del proyecto de investigación complejidad y ciencias sociales: marco epistémico e investigación interdisciplinaria en América Latina, que aplican el modelo de espacios controversiales propuesto por Oscar Nudler a las vertientes: ciencia de la complejidad y pensamiento complejo. Al respecto, los autores plantean lo siguiente:

El primer autor en elaborar una lectura crítica del campo de la complejidad fue el filósofo de la ciencia colombiano Carlos Eduardo Maldonado (1999) quien planteó con elegancia y claridad la existencia de tres caminos en la comprensión de la complejidad: ... la complejidad como método... la complejidad como cosmovisión y... la complejidad como ciencia o ciencias de la complejidad. El filósofo colombiano identificó el primer camino con la obra de Edgar Morin y su propuesta del pensamiento complejo. Según Maldonado, la propuesta moririana se reduce más bien a una “hermenéutica”, una “filosofía del sujeto” y, en el límite, “una filosofía de la conciencia (p. 109).

En esa misma dirección, se incorpora la propuesta de criterio de demarcación o tipificación de Reynoso, quien propone dos grandes categorías como criterio ordenador del campo, al respecto precisan los autores citado:

El problema de la “demarcación” aparece, bajo otro nombre, en las reflexiones del antropólogo argentino Carlos Reynoso, quien propuso dos grandes categorías como criterio ordenador del campo: los paradigmas globales de la complejidad y los algoritmos de la complejidad. Por un lado, los “paradigmas globales de la complejidad” constituyen una categoría bajo la cual se agrupan “grandes construcciones filosóficas sin demasiado sustento experimental” (p.109).

Las controversias que estos autores identifican están relacionadas con el alcance del método adecuado para abordar el estudio de los fenómenos

complejos, donde las discusiones sobre método, abarcan desde lineamientos técnicos hasta un problema epistémico u organizativo del conocimiento en el dominio de la complejidad.

Es necesario partir de un campo común o zona de acuerdo, es decir, del conjunto de presupuestos compartidos por las distintas tendencias de la complejidad. En ese sentido, cabe destacar que en la comunidad científica se registran algunas iniciativas, orientadas hacia la búsqueda de la complementariedad entre estas vertientes, pensamiento complejo y ciencias de la complejidad. Al respecto, Rodríguez Zoya y Aguirre (2011):

En la actualidad se desarrolla dentro del paradigma de la complejidad, pero no significa que cada una de estas vertientes sean posturas puras; hay traslapes entre ellas y hay quienes están trabajando en sus intersticios o fronteras, como es el caso de José Luis Solana (2011), Leonardo Rodríguez Zoya y Julio Leónidas Aguirre (2011), David Byrne y Gill Callaghan (2013). Por ejemplo, uno de los temas de discusión en el que coinciden los autores citados es preguntarse la posibilidad de “incluir el potencial metodológico de las ciencias de la complejidad en un marco epistémico ampliado a la ética y la política como propone el pensamiento complejo (p.17).

Ahora bien, más allá de las controversias epistemológicas y metodológicas, que se registran en el campo del estudio de los sistemas complejos, teniendo presente, su importancia como punto de observación de las tensiones del campo, es necesario destacar las tendencias en las ciencias en general, hacia síntesis interdisciplinarias y transdisciplinarias en el abordaje de los sistemas complejos, como objeto de reflexión e indagación científica. Avances como la integración disciplinaria entre la física y los sistemas complejos, según Sanjuán (2007) “estos físicos están trabajando en otra frontera entre lo misterioso y lo entendido: la frontera de la complejidad. En esta frontera, el lema no es el reduccionismo sino la emergencia” (p.891).

Se registran aportes significativos en investigaciones sobre sistemas complejos adaptativos, vinculados a los hallazgos de la llamada biología sintética, donde se integran varias disciplinas científicas, tales como la dinámica no lineal, la física de sistemas complejos, la ingeniería y la biología molecular. Se trata de un nuevo campo emergente de naturaleza intrínsecamente interdisciplinar en las ciencias de la complejidad, del que se presume el auge que ha tenido y está teniendo el estudio de las redes complejas en campos como la física, las matemáticas y muchas otras disciplinas, incluidas las ciencias sociales.

Otro campo que aplica marcos teóricos y metodologías innovadoras en aras de la comprensión de los sistemas complejos, lo constituye en los actuales momentos, la comunidad científica que trabaja en función de la big data, por ejemplo, para Alex Pentland, del Laboratorio de Dinámica Humana del MIT, los mundos altamente interconectados demandan conocer y cultivar las leyes de una nueva física social.

La métrica de la vida social derivada del análisis de big data comienza a revelar patrones de orden social, movimiento y compromiso con el mundo y en tal escala, que puede exigir nada menos que una re-descripción fundamental de qué es eso. Necesita ser explicado y entendido por las ciencias sociales. En ese sentido, se registra en la comunidad científica la preocupación por repensar el poder descriptivo de las ciencias sociales, Savage y Burrows (2014) señalan que:

Por lo tanto, nuestra preocupación fue comenzar a repensar el poder descriptivo de las ciencias sociales, a revitalizar una imaginación sociológica capaz de captar las complejidades de los datos, visualizar, mapear y representar de otra manera en formas que

puedan reclamar una jurisdicción distintiva sobre el estudio de lo social (p.3).

Igualmente se observa un puente entre la nueva física de los sistemas complejos y las ciencias sociales, que informan con sus marcos teóricos los procesos de modelamiento en el estudio de los seres vivos, del pensamiento humano o la organización social, antes territorios exclusivos de la biología molecular, la bioquímica, la filología, la sociología o la economía.

Se observa el uso intensivo de modelos de simulación, algoritmos y formalismos a través de recursos computacionales o informáticos que permiten la aplicación de sus resultados a problemas concretos. Ello implica un énfasis en modelos computacionales que emplean como elementos centrales las matemáticas de punta y diversas lógicas no clásicas conocidas también como lógicas filosóficas.

Modelamiento de los sistemas complejos

Con el estudio y modelado de sistemas complejos, se alude a una amplia arquitectura de “algoritmos de la complejidad”, implican un conjunto relativamente amplio de formalismos e implementaciones técnicas orientadas al estudio de los sistemas complejos, entre las que se destacan: los autómatas celulares, las redes booleanas aleatorias, los modelos basados en agentes, el algoritmo genético, vida artificial (como modelamiento de fenómenos naturales), químicas artificiales (redes autocatalíticas) , entre otras técnicas de modelización. Tienen como objeto la modelización y la simulación de los procesos, para la comprensión y explicación de los fenómenos.

Para Reynoso (2006) los algoritmos de la complejidad están vinculados a “formalismos que, si bien responden también a grandes principios

epistémicos, tienden a materializarse en modelos de simulación antes que en el lenguaje natural” (p.193). En la actualidad se está frente a posibilidades metodológicas completamente nuevas: modelado basado en agentes, redes neuronales artificiales, geometría fractal, ciencia de redes, visualización de datos, modelado geoespacial, complejidad computacional, algoritmos genéticos, complejidad cualitativa, modelado basado en casos.

Entre los tipos de algoritmos de la complejidad, también se encuentran las metaheurísticas evolucionarias: búsqueda local, búsqueda local iterada, búsqueda variable de vecindad, algoritmo genético, algoritmo cultural, inteligencia de enjambre (optimización por enjambres de partículas, optimización por forrajeo de enjambres de bacterias, algoritmo de colmenas de abejas artificiales), colonia de hormigas, redes complejas, entre otros. Tienen por objeto la resolución de problemas, mediante heurísticas y metaheurísticas (control, optimización, búsqueda, reconocimiento de patrones, aprendizaje, adaptación, evolución y otros)

El tipo de computación que demanda el estudio de los sistemas de complejidad, de manera creciente es la computación conocida como computación bio-inspirada, computación motivada biológicamente o computación con metáforas biológicas. De acuerdo a Maldonado y Gómez (2010) “Estas tendencias constituyen verdadera investigación de punta y se condensan en lo que se ha denominado el nuevo ABC de la computación 6: adaptación, bio-inspiración y complejidad” (p.19)

En este escenario de investigación se requieren de nuevas metodologías basadas en un marco interdisciplinario de métodos mixtos, tal como lo plantean Capra y Luisi (2014) en muchos sentidos, las ciencias de la complejidad han

aportado un repertorio de innovaciones técnicas y metodológicas, que representan un verdadero desafío para la ciencias sociales, en el quehacer científico relacionado con el modelamiento de los sistemas complejos, se introduce el algoritmo computacional, equipos de alta velocidad y una capacidad para almacenar inmensas cantidades de datos digitales, lo que conduce a interrogarse sobre la eficacia que se ha alcanzado con recursos tecnológicos y métodos formales para formular preguntas y proporcionar respuestas en escenarios de complejidad y por ende, la demostración algorítmica, tangible como pocas, de que casi todas las cosas son bastante más complejas de lo que se pensaba. Al respecto Rodríguez Zoya y Reguero (2014) plantean que:

A diferencia de la experimentación en laboratorio, la simulación puede conceptualizarse como una actividad por la cual se perturba un modelo dinámico con ayuda de un dispositivo experimental informático denominado simulador (Treuil et al. 2008:5). El investigador puede controlar las condiciones de ejecución del modelo, manteniendo constante ciertos parámetros con la finalidad de explorar el funcionamiento del proceso social modelizado. En definitiva, de lo que se trata es de modelizar un fenómeno del mundo social y luego desarrollar experimentos sobre el modelo simulándolo, en lugar de hacerlo sobre el fenómeno real (p.427).

En una aproximación al estado del arte, de los diferentes abordajes de la modelización de los sistemas complejos, a partir de proyectos concretos en la comunidad científica, en diferentes dominios del conocimiento, se destacan algunos programas: desde las ciencias de la salud, en la aplicación de diferentes modelos de simulación para dar respuesta a la pandemia que ha desatado el COVID-19, los modelos científicos de salud pública que se han destacado entre un flujo creciente de investigación de modelos son: El modelo de Simulación de Ferguson y sus colegas en el Imperial College de Londres y

el modelo de red compleja de Alessandro Vespignani y colegas de la Northeastern University en los Estados Unidos. Esto pone en evidencia la importancia de la ciencia de la complejidad para la salud pública (tomado de: <https://www.imperial.ac.uk/mrc-global-infectious-disease-analysis/>).

Otra referencia, respecto la ciencia social y la arquitectura informática en los procesos de intervenciones en sistemas sociales complejos, alude a los diferentes proyectos que lleva a cabo el Dr. Alex Pentland dirige los laboratorios Connection Science y Human Dynamics del MIT. Con anterioridad ayudó a crear y dirigir el Media Lab y el Media Lab Asia, también del MIT, en India.

Acompañado de un equipo interdisciplinario, en alianza con organismos internacionales, han desarrollado un proyecto sobre transacciones financieras y movilidad humana y desarrollo sostenible, al respecto Pentland (2018) señala que:

En línea con el nuevo horizonte de posibilidades hecho posible por estos experimentos académicos y por los debates del Foro Económico Mundial, en la actualidad estamos desarrollando una serie de pruebas piloto a escala nacional usando la arquitectura de datos del proyecto Algoritmos Abiertos (OPAL) en Senegal y Colombia, con el apoyo de Orange S.A., el Banco Mundial, Paris 21, el Foro Económico Mundial y la Agence Française de Development, entre otros. El proyecto OPAL, desarrollado en su origen como un proyecto de fuente abierta por el grupo de investigación que dirijo en el MIT (ver <http://trust.mit.edu>), se está utilizando como una plataforma socio-tecnológica de múltiples socios dirigida por la Data-Pop Alliance, el Imperial College de Londres, MIT Media Lab, Orange S.A y el Foro Económico (p. 14).

Para este autor, los datos representan la savia de la red, juegan un papel primordial en la toma de decisiones y la materia prima que puede proporcionar información correcta sobre las cosas adecuadas en el momento adecuado, contribuye al diseño, supervisión y la evaluación de

las políticas públicas, hoy se cuenta con herramientas sin precedentes para informar y transformar la sociedad.

En esa misma línea de investigación e intervención en sistemas complejos, se encuentra la propuesta de Haynes (2015) que consiste en una herramienta metodológica original llamada Síntesis dinámica de patrones (DPS), un método riguroso que informa sobre cuán complejo social y específico son los sistemas sociales: políticos, económicos, culturales, entre otras expresiones. Para este autor, la diferencia entre una perspectiva reduccionista y una visión de sistemas complejos, remite en términos metodológicos a la diferencia entre estadística convencional centrada en variables versus métodos computacionales centrados en sistemas y casos e interseccionalidad. El mundo es demasiado complejo para seguir utilizando un repertorio metodológico insuficiente para el abordaje de sistemas complejos.

Entre uno de los métodos de modelación y simulación, que ha ganado adeptos en las ciencias sociales, lo constituye la modelación y simulación basada en agentes, se le considera adecuada para entender procesos esenciales de fenómenos complejos, para la predicción de fenómenos que según Axelrod (1997) permiten estudiar comportamientos emergentes a nivel macro a partir de estudiar comportamientos micro. Para Bonabeau (2002) la simulación por computadora se convertirá en un nuevo e importante método de construcción y evaluación de teorías en las ciencias sociales. Al respecto, Vélez (2019) señala que:

El modelado basado en agentes se distingue del enfoque inductivo o deductivo... no es inductivo porque el comportamiento de los agentes es aleatorio, no es deductivo porque la construcción del modelo es de abajo hacia arriba bottom up. El modelado computacional basado en agentes es una nueva herramienta para investigación empírica que permite someter a prueba teorías, con enfoques interdisciplinarios... Nosotros aplicamos el término modelos "basado en agentes" para referirnos a las técnicas de modelación computacional para el estudio de fenómenos sociales, incluyendo el

comercio, la migración, la formación de grupos, la interacción con el ambiente, la transmisión de la cultura, la propagación de enfermedades, y las dinámicas de población... Dichos modelos presentan comportamiento evolutivo, y para su estudio se requiere un enfoque transdisciplinar (p. 189).

Es importante señalar, que una de las singularidades de los algoritmos para abordar los sistemas complejos, es su condición metodológica constitutiva de una transdisciplinariedad, bien entendida por la comunidad científica, es decir, reconocer tanto las perspectivas abstractas como empíricas de los diferentes dominios de conocimiento, con el objeto de comprender como se presenta la complejidad, al respecto, son muy pertinentes las reflexiones de Watts (2004) al reconocer que sin una sociología que los estimulara y sin la insistencia que la realidad social de las redes reales habitan una región entre el orden y el desorden descontrolado de los grafos aleatorios, nunca habrían pensado en plantear las preguntas correctas en su teoría de redes de mundo pequeño. El temor de muchos científicos, es que se desencadene un fetichismo por los algoritmos de la complejidad, un reduccionismo metodológico.

Ahora bien, retomando el conjunto de los planteamientos que se han desarrollado es necesario destacar las singularidades que caracterizan este flujo creciente de investigaciones en el dominio de las ciencias de la complejidad, en ese sentido, Guerra (2019) plantea que en este flujo e intercambio de conocimientos se presenta como un “proceso metaheurístico, de apropiación interdisciplinaria y colisión como Abbott (2001), argumenta...en el caos en el campo disciplinario, que ha generado nuevas áreas de pensamiento, que se apropian de la complejidad para legitimar sus discursos e investigaciones”(p.201). Se está en presencia de un proceso de hibridación entre las diferentes vertientes intelectuales, que confluyen en una nueva

racionalidad científica, sedimentada en la articulación dialéctica entre transcomplejidad – ciencias de la complejidad.

La revisión documental realizada con el objeto de cartografiar los avances y diferentes controversias científicas en torno al estudio de los sistemas complejo, evidencian aportes significativos, en la producción científica de las diferentes vertientes intelectuales y su aceptación en la comunidad académica, demostrando capacidad reticular para generar procesos de hibridación producto de las prácticas interdiscursivas entre científicos, configurándose en nodos de redes interdisciplinarias, cuyas producciones intelectuales giran en torno a redes categoriales constituidas a partir de experiencias problematizadas sobre sobre el eje articulador de los sistemas complejos, procesos en los que se entrelazan aspectos epistémicos, éticos y prácticos.

Este nuevo escenario, conllevan a la necesidad de aterrizar las discusiones teóricas, epistemológicas, metodológicas y hasta las formas de organización del conocimiento alejados de las jerarquías tradicionales y consolidar acuerdos en la comunidad científica, que permitan actualizar las cajas de herramientas. Las instituciones universitarias y centros de investigación, deben crear condiciones y espacios reales para el ejercicio de programas de investigación inter y transdisciplinarios, además de la debida formación en el manejo de las nuevas herramientas tecnológicas, en cuanto al procesamiento de big data, modelización y simulación en todas las áreas de conocimientos.

MODELAMIENTO: DESDE LA SIMPLICIDAD A LA COMPLEJIDAD

Sandra Elinor Jiménez Rodríguez³

Introducir el modelamiento en una temática que implique de la simplicidad a la complejidad, permite acercarse a la ciencia contemporánea, con base en dos formas de ciencia: una basada en la inducción y otra fundada en la deducción o lo que es equivalente, en criterios y principios hipotético-deductivos. Acometiendo en el primer caso, áreas del conocimiento, donde las evidencias se construyen; tales como las ciencias forenses, el periodismo y la comunicación social. En el segundo caso, desde las matemáticas, la lógica con la incorporación de los parámetros y metodologías que las regulan.

La primera ha sido conocida como ciencia empírica y su problema fundamental es el de la inducción; es decir, el de establecer cuáles, cómo y cuántas observaciones o descripciones particulares son suficientes y/o necesarias, para elaborar generalizaciones, a partir de la acumulación de evidencias, construcción de datos y demás, para elaborar procesos de universalización. Coincidiendo ello, con los fundamentos de toda la racionalidad occidental, a partir de Platón y Aristóteles, según la cual sólo es posible hacer ciencia de lo universal.

El segundo tipo de ciencia consiste en la postulación de principios o axiomas, y se concentra en el estudio de las consecuencias y alcances de dichos principios, teniendo como problema fundamental la demostración de determinados fenómenos, valores y aspectos, llevados con la severidad de los axiomas y teoremas postulados. Cabe también acotar que esta ciencia en su raíz cultural o histórica, enfocada en la lógica de Aristóteles, sistematiza por primera vez la geometría de Euclides, determinando que toda la ciencia medieval, llamada *theologia*, opera de esta manera.

Estas dos tipos de ciencia constituyen el marco donde lo simple y complejo en un engranaje de conjunto dan paso a caminos diferentes y múltiples, moldeando nuevos escenarios para que emerja una tercera ciencia,

³ Posdoctorado en Ciencias de la Educación, Dra. En Ciencias de la Educación, MSc en Planificación y Administración Educativa, Especialista en Andragogía, Prof. Historia y geografía. Docente de Postgrado. Coordinador de investigación Academia Técnica Militar de Venezuela. sjimenezrodriguez@gmail.com.

que no tenga de base en la inducción y en la deducción, sino en una manera radicalmente distinta. Esta tercera manera en su forma más acabada descansa en las ciencias de la complejidad y de allí el modelamiento en la concepción de base.

Exponiendo el Modelamiento

El modelamiento es una formalización matemática o simplemente conceptual en forma de esquemas, que permite enfocar una visión más precisa y clara acerca de lo que se piensa, representando una herramienta de utilidad tanto para las ciencias exactas, naturales, sociales u otras. A respecto, filósofos como Hesse y Hughes que han estudiado la metodología científica tradicional han propuesto el mismo esquema general del proceso de modelado, para desarrollar procesos de inferencia sobre ciertos aspectos de sistemas reales, previamente observados.

Implica modelar el tener claridad para producir el dialogo interdisciplinario entre las ciencias, para entrelazar una compleja red, que permita la comprensión de las ciencias consigo mismas y entre sí, en aras de lograr los procesos de inferencia, para la construcción de modelos científicos a partir del entendimiento de los sistemas reales observados. De hecho, mantener el concepto de modelo suficientemente amplio, no significa admitir otra forma de ampliar y producir conocimiento del mundo a través de la creación de modelos formales, sino también transcender.

En esa línea se sitúan los modelos formales de fenómenos lineales, procesos rígidos, centralizados; mientras que otros, resulten de sistemas complejos no-lineales con la ayuda del computador, en escenarios perfectamente novedosos con base en el trabajo interdisciplinario, multidisciplinar y transdisciplinar que resulta de problemas algorítmicos, exigiendo en ocasiones, el trabajo con programación.

En todo caso el modelamiento exige de un trabajo previo de formalización matemática, pero no como única regla, pues en ciertas circunstancias la matematización puede venir posteriormente como una verificación o una demostración de lo que se ha modelado. Lo que sí es imperativo es reconocer

que el modelamiento demanda un trabajo conceptual y/o teórico previo, como sustento de problemas algorítmicos tratados.

Por otra parte, cuando se tiene por propósito explorar o comprender procesos fundamentales, los modelos deben ser juzgados por su productividad, no por su precisión o exactitud; pero, cuando la finalidad es anticipar productos o procesos con una finalidad eminentemente práctica, lo importante es la precisión o el rigor del modelamiento.

Definiendo lo acotado en una distinción metodológica fundamental entre la investigación o experimentación, estribando la distinción entre estas en la finalidad que se busca, sin dejar a un lado la diferenciación, cuando se trata de comprensión o aplicación y anticipación, con finalidad práctica, visualización que puede apreciarse en la siguiente figura.

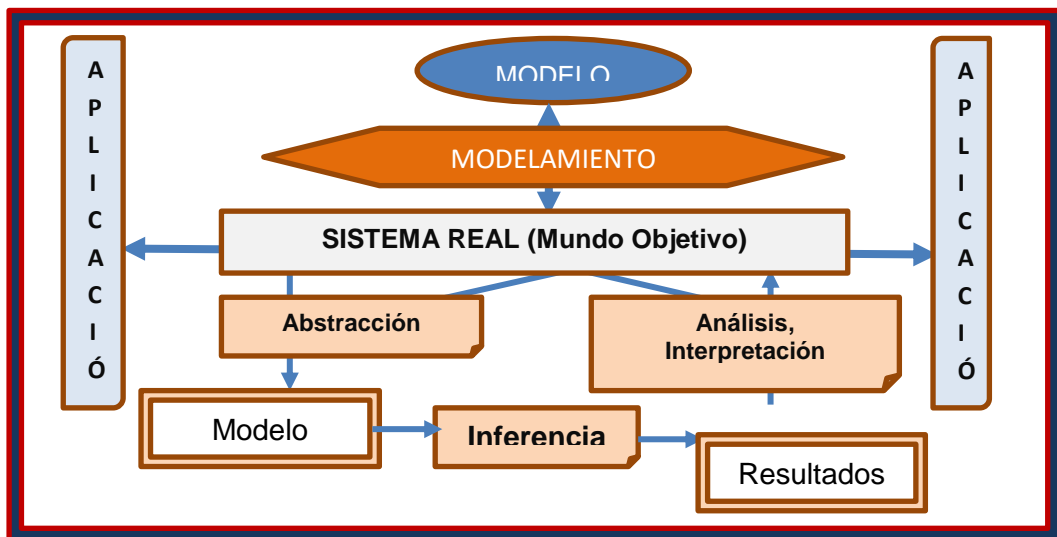


Figura 1. Proceso del Modelamiento.
Fuente: Jiménez, S. (2020).

Adicionalmente, es acertado decir que no es posible sustentar en el modelamiento todos los procesos e interrelaciones que ocurran, en vista de que sería un esfuerzo vano por simplificar su carácter complejo y donde la totalidad de las múltiples emergencias de los organismos, no podrían apreciarse. Es en ese marco reflexivo, donde resulta la intencionalidad de quién modela, para dar sentido y pertinencia respecto del análisis requerido para cada situación, no pretende el modelamiento ser lo suficientemente

general para dar cabida a las diferentes expresiones que caracterizan al fenómeno, en tanto que las manifestaciones globales, a lo sumo consideraran solo las coincidentes.

Apreciación que permite ahondar en una de las demostraciones del modelamiento, vista en la repercusión del componente de producción que se alimenta por tareas repetitivas, faltas de creatividad y ocupantes que podían ser reemplazados, como lo plantea Barba (2013). En ese contexto de la producción, aunada a la exposición de los conocimientos, se amplía la construcción de una teoría al respecto, pero con poca vinculación al contexto latinoamericano; desconociendo a la gestión como principio, sustentado en las representaciones artificiales, inteligibles, simbólicas y de situaciones donde se intervenga.

Por otra parte se aprecia que el concepto de modelamiento no es un estado deseable, sino la representación o proyección que se hace del sistema; sin dar lugar a la prescripción del fenómeno, pero sí a su descripción, unida a características internas del hecho observado, con base en su entorno, denotando el modelamiento una construcción intencional, por composición de símbolos, de modelos susceptibles de hacer inteligible un fenómeno percibido complejo y de ampliar el raciocinio del actor, proyectando una intervención deliberada.

En sí la construcción del modelamiento permite la comprensión sobre los fenómenos observables, situándolos Hernández (2006) en modelamiento analítico y sistémico, fundamentados ambos dentro de paradigmas epistemológicos de la simplicidad y la complejidad. Tiene el modelamiento analítico, su predominio en la modernidad para la construcción del conocimiento científico occidental, sobrevenido directamente de los postulados positivistas y sustentado en los cuatro preceptos del razonamiento de Descartes:

...No admitir como verdadera cosa alguna, como no supiese con evidencia que lo es; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención, y no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentase tan clara y distintamente a mí espíritu, que no hubiese ninguna ocasión de ponerlo en duda...Dividir cada una de

las dificultades que examinara en tantas partes como fuera posible y necesario para mejor resolverlas...Conducir por orden mis pensamientos, comenzando por los objetos más simples y más fáciles de conocer para subir poco a poco, como por grados...Hacer en todo enumeraciones tan completas y revisiones tan generales que tuviese la seguridad de no omitir nada (p. 267).

Estos preceptos permiten según Hernández (ob. cit) generar una aproximación analítica basada en la lógica aristotélica, en tres axiomas principales, incursos en las epistemologías positivistas, que se expresan en: (a) Axioma de identidad, eso que es; a decir A es A . (b) Axioma de no contradicción, nada puede ser y no ser a la vez. \hat{A} no A . (c) Axioma del tercero excluido, toda cosa debe ser o no ser. B es A o \hat{A} . Este modelamiento supone la existencia de una realidad objetiva, externa al observador, a la cual se puede acceder a través de la descomposición o división en los componentes estructurales del fenómeno.

Una vez determinadas en el tiempo previsto las evidencias observables a partir de una estructura de relaciones causa-efecto, segrega del análisis completo, resultante de la experiencia una identidad de la realidad observada, que refleja todas sus características fundamentales y permite la construcción de teorías que pueden predecir el comportamiento de los fenómenos, así como la intervención acertada, ya que asume que se interviene sobre la base de un conocimiento objetivo de la realidad.

Por otra parte, referirse al modelamiento sistémico, obligar situarse en las teorías que han ido infiltrando a los diferentes campos científicos con bastante fuerza, particularmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, generando formas alternativas de aproximación a la realidad, y donde la visión sistémica de los fenómenos, fusionada con la postura constructivista, permite el desarrollo de alternativas de modelamiento acordes con los fenómenos complejos.

En este modelamiento de sistemas, la lógica inherente es la conjuntiva, regida sobre tres axiomas fundamentales: de operacionalidad teleológica o de sincronidad, que reconoce en el sistema una forma de acción no errática, que tiene regularidades y finalidades identificables. Axioma de irreversibilidad

teleológica o diacronicidad, que entiende al sistema en constante evolución y transformación a través del tiempo. Axioma de inseparabilidad o de recursividad, que reconoce la autonomía y la capacidad de producirse a sí mismo a través de su acción.

A diferencia del modelamiento analítico que responde a la pregunta ¿quién hace?, el modelamiento sistémico hace un cuestionamiento con respecto a ¿qué se hace? Entendiendo de este modo que los sistemas complejos en constante evolución y donde su comprensión es posible en la medida en que el modelo muestre los diferentes procesos de transformación que se llevan a cabo en su interior. Haciendo énfasis el modelamiento analítico en los actores o elementos del sistema, ocupándose la sistémica de las interrelaciones entre estos actores, que se dan, esencialmente en torno a los procesos.

También es posible que para ciertos lectores su siguiente interpretación del proceso de modelado científico, sea excesivamente general y simplista, en razón a que esta simplificación les permita apreciar explicaciones de mayor complejidad de lo estrictamente necesaria, para lograr sus propósitos y discernir de forma clara la esencia que distingue al enfoque de modelado de sistemas complejos, sobre la noción de modelo en diferentes disciplinas científicas. Información que de modo general se muestra en la siguiente figura.

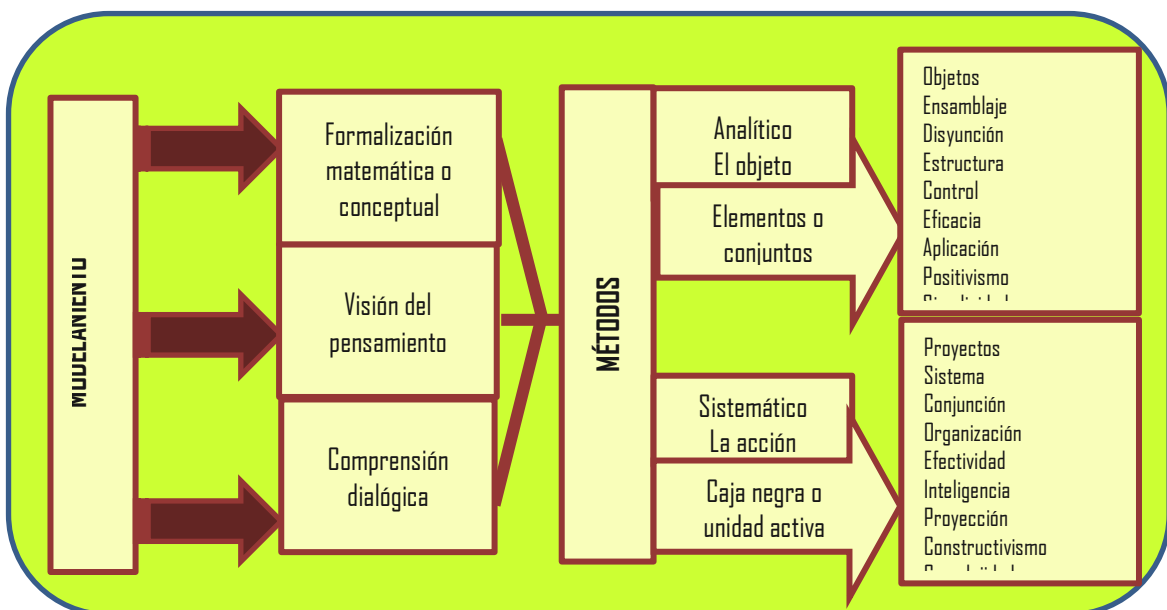


Figura 2. Modelamiento.

Fuente: Elaboración propia (Jiménez, S. (2020).

Desde la simplicidad a la complejidad

El horizonte de acción es construir modelos no resolverlos, porque aprender modelamiento conduce a un permanente debate de la complejidad, tocando lo opuesto, como es la simplicidad, que también la contiene. Admitiendo que la amenaza de la simplificación recorre el pensamiento de la ciencia clásica, delegada según García (2008) por recomendación de René Descartes en el Discurso del Método (1637) a la expresión: “dividir cada una de las dificultades que examinase en tantas partes como fuera posible y como requiriese su mejor solución” (p. 48). Invitando de este modo a expulsar lo complejo, puesto que la división de las dificultades requiere la simplificación.

En todo caso más que simplificación, resulta la mutilación unidimensional que obstaculiza el pensar complejo por las concepciones reductoras; aunado a las presiones reduccionista y simplificadoras que asoman la idea que todo es complejo, generando en quien lo piensa resistencia frente a lo existente, sumiéndolo en antagonismos y contradicciones. Sin embargo, la simplicidad de que todo es complejo, acorralla su contrario, apremiando de una respuesta simple para fenómenos y nociones complejas.

Retomando por complejidad lo definido por Lewin (1995) como la ciencia que se ocupa de los sistemas complejos adaptativos, que estudia los sistemas dinámicos no lineales, el caos como generador de orden. En sí una especie de caos determinista, diferenciando a la ciencia del caos que abrevia la complejidad del mundo como consecuencia de una conveniencia oculta; mientras que Morin (1991) sostiene que su base no parte de lo contrario, siendo compleja porque es desigual e incierta; estando en cualquier lugar, espacio o circunstancia.

Frente a lo planteado, se mira a la simplicidad de la complejidad en una parte del acto profundo o esencial fenoménico del mundo, lo cual no admite pensar fenómenos complejos con principios simples; destacando que en todo caso del mundo se sitúan las ideas de lo pensado o proveniente del pensamiento, dilucidando para no caer en la simplificación, que la complejidad

no es la completud, sino la unión de la simplificación y la complejidad en una interrelación a veces lineal y otras no lineal.

Interrelaciones que no se pueden comprimir a la lógica aristotélica deductiva-identitaria, cuyo núcleo es la deducción, la inducción y la identidad, pues estas producen momentos de imprevisibilidad, pronunciándose por un cambio de paradigma, posible de integrar y pensar; que se manifiesta no sólo en aspectos formales del modelo, sino por un lado en la posibilidad y por el otro la necesidad de fiscalizar las viejas y las nuevas estrategias disciplinarias desde la mera raíz, abriendo los caminos ante las oscuridades que se aclaran o a los mitos que se caen. De allí que la intromisión de las redes desde la mirada de los algoritmos de la complejidad, incluyen un compromiso visceral con la teoría de grafos y con sus lógicas, aunada a las álgebras subyacentes.

Exploración que trae consigo la revisión de las consecuencias epistemológicas del modelamiento reticular, de sus posibilidades operacionales y de las oportunidades que se abren en la marejada interpretativa y posmoderna, alineada a creaciones más revulsivas, como son los métodos comparativos, el pensamiento relacional, los modelos evolucionarios de cambio y la idea de cultura, llegando hasta las mismísimas redes sociales, raíces de la idea de las sociedades dinámicas y complejas.

Perspectiva necesariamente transdisciplinaria, que se asienta en marcos de la complejidad, imponiendo concepciones que desencadenan en hallazgos ajenos a las creencias de sentido común y al status quo, incluidos en dominios del estructuralismo, modelos mecánicos y estadísticos; sin dejar de reconocer que no todo lo que parece ser, lo sea, permaneciendo inmóvil; pues cualquier evento, por insignificante que sea, desencadena enormes transformaciones que el futuro pueda percibir o resignarse para siempre a más de lo mismo.

Es en ese escenario donde tiene sentido la relación entre complejidad y simplicidad, vista en dos planos, como lo sitúa García (2008) en el primer plano, se encuentra el principio de complejidad que integra los procesos del pensamiento simplificado, expresión de: disociación, análisis, indagación de leyes generales y otros; pero sin envanecer ni cosificar o situarla en una definición inapropiada al cambio, a su transformación, tomando en cuenta que

el principio de complejidad comprende asociar lo que está separado, como el orden, el desorden, el sujeto, el objeto, entre tantos.

Bachelard citado por García (2008) señala que el segundo plano distingue lo simple y lo simplificado, en una pretensión del conocimiento de la ciencia clásica para descubrir lo simple y construir lo simplificado; mientras que lo complejo produce lo simple, es decir, las emergencias que se imponen como evidencias. Entonces definir la complejidad supone exponerla de manera negativa, en contradicción con lo simple, dado que lo complejo no es simple, ni simplificable, como tampoco se reduce a leyes simples, a causas simples; siendo el punto de partida de la complejidad el rechazo a la simplificación bajo todas las formas reductoras y mutiladoras. Sobreponiéndose a una ideología que pretende explicar todo por medio de concepciones racionalistas.

Desde esa comprensión, luce interesante traer a colación el reconocimiento de la complejidad como todo lo inmensurable de las cosas, partiendo del adjetivo complejo, derivado del latín en plecto, plexo, complector, expresión de lo que es tejido, trenzado, enlazado, abrazado. Sustentando de Maldonado (2010) las connotaciones despectivas del pensamiento occidental que colocan a lo complejo como el contrario de simple, privilegiando con ello un conocimiento ordenado a los valores de la transparencia y la evidencia; mientras que lo complejo es sinónimo de complicado, próximo a impuro, calificado de enredado, difícil, embarazoso, indescifrable, espinoso, confuso.

De allí que García (2008) expresa que la complejidad no es la completitud, lo acabado, lo pleno, lo perfecto. Un método de la complejidad debe ayudar esclarecer lo real, pero no puede tener el propósito de agotarlo. Por su parte, Morin (1996) desde el pensamiento complejo pasando por los métodos, analiza con lógicas pertinentes su esclarecimiento, sin renunciar a la incertidumbre y la ambigüedad, en una lógica de lo viviente que escapa al juego binario del todo/nada, sí/no.

De ese modo decir complejidad es desviar el objeto, la explicación, la causalidad simple, aceptando las incertidumbres, ambigüedades y contradicciones, que emergen de la oscuridad, renunciando en la microfísica y la biología al determinismo de las leyes generales, por considerar un corte de

unidades aislables y cuantificables para el modelo físico. Imponiéndose así la complejidad en todos los niveles de los fenómenos y no sólo en el humano, dando paso a la complejidad que se complica de manera cualitativa, más que cuantitativa, transvasando de lo físico a lo biológico.

De allí enfatizar que la complejidad de un sistema se manifiesta cuando el todo posee cualidades y propiedades que no se podrían encontrar en el nivel de las partes tomadas aisladamente, e inversamente, sino en el hecho de que las partes poseen cualidades y propiedades que desaparecen bajo el efecto de los constreñimientos del sistema, como se ilustra en la figura 3, a continuación.

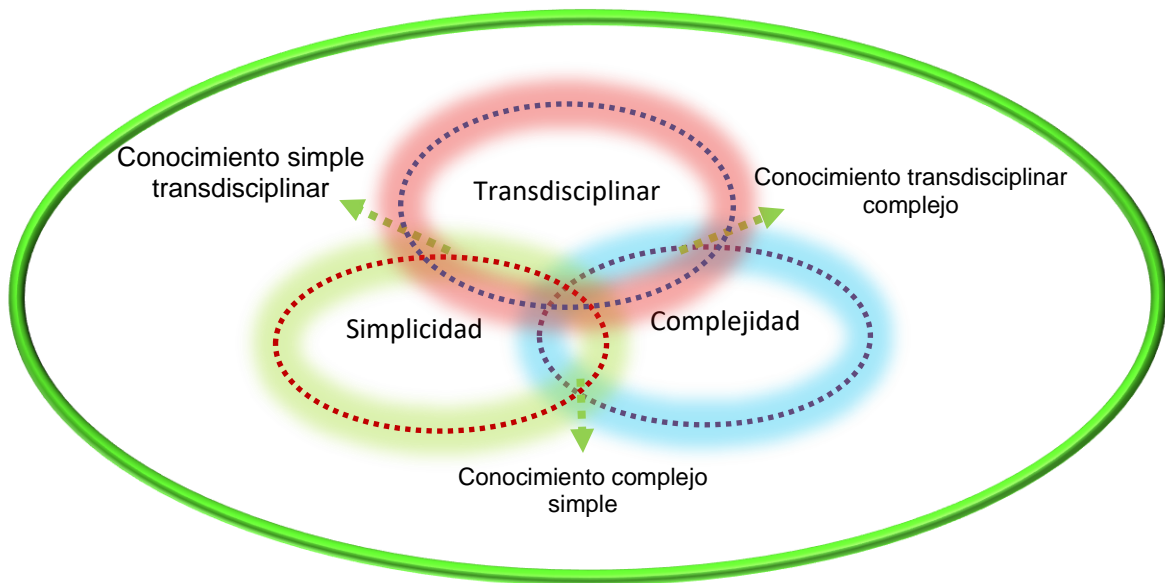


Figura 3. Entramado simplicidad-complejidad-transdisciplinar.
Fuente: Jiménez, S. (2020)

Una mirada reflexiva del modelamiento desde lo simple a lo complejo

En principio se reconoce en los sistemas la convergencia de las distintas áreas del conocimiento, con aportes de las ciencias fácticas y formales, asignando un fundamento al modelamiento, a la luz de la física, biología, sociología, antropología, para comprender y delimitar las problemáticas y fenómenos que motivan la interpretación coherente o consistente, que tipifican los modelos figurados de una imagen eventualmente autorreferencial del mundo, de la naturaleza o la sociedad o de una parte de ellos.

En tanto que la matemática, lógica, informática, sistémica, proveen las herramientas de análisis y desarrollo de los modelos que tienen en último término una estructura formal, para la programación computacional de un sistema, un problema o un modelo con vista a aplicaciones prácticas. Desde esa estimación, más allá de las exigencias propias del desarrollo de modelos, la dificultad de manejar y dominar a la vez conocimientos de disciplinas formales y fácticas tiende a delegar el desarrollo de modelamientos con el dominio de ambos campos.

En contraste con lo antes expuesto, el creciente interés en el modelamiento está promoviendo el contacto entre investigadores de diferentes áreas, catalizando así su desarrollo en trabajos grupales de investigación. Sin embargo, los investigadores fácticos y también los formales requieren un dominio no menor del lenguaje y las herramientas propias del modelamiento, así como de una comprensión de sus alcances, utilidad y expectativas.

Entendido de ese modo, la emergencia de un nuevo tipo de ciencia, ya no separa la inducción de la deducción, implicando con total seguridad el surgimiento de nuevos paradigmas, nuevos lenguajes, formas nuevas de organización del conocimiento y de organización general, así como de la sociedad alrededor del conocimiento. También implica sobre todo y de manera radical un nuevo tipo de racionalidad, que, gracias al descubrimiento de los sistemas dinámicos y comportamientos de complejidad creciente del mundo en general, la naturaleza y del sujeto mismo, jamás volverán a ser la misma, desempeñando en todo este proceso el computador un papel protagónico.

A ello se añaden las profundas discusiones entre matemáticos y estudiosos de diversas ciencias, acerca del trabajo puro o aplicado, según su empleo o no y en qué forma el computador puede de manera aún más notable, introducir temas de base que tengan que ver con los nuevos problemas de la computación, para pensar lo que se puede saber o conocer, decir y los problemas por resolver.

Ante esa postura, sostienen Cooper, Löwe y Sorbi (2008) que los nuevos paradigmas computacionales hasta ahora representan magníficas oportunidades de desarrollo, en lo humano, espiritual, cognitivo, entre otros,

frente a los grandes desafíos que afronta la humanidad; donde con toda seguridad el éxito de superación de estos desafíos radica en la comprensión acerca de la complejidad del mundo y de la naturaleza, enmarcada en el tema del modelamiento, aunada a la simulación de los procesos, las dinámicas y los fenómenos que implican para la vida, tanto para la conocida como por conocer.

Por lo tanto, dada la aceptación de que la realidad es compleja, algunas herramientas han permitido analizarla, aunque no en toda su complejidad, pero si al menos modelando una complejidad parcial, mucho más cercana a lo real que el asumir variables estáticas o estables. Si bien en las décadas pasadas estas técnicas ya podían aplicarse en círculos académicos muy estrechos, la diferencia con la actualidad es que las herramientas para aplicar la teoría de redes y la dinámica de sistemas, están al alcance de una búsqueda en un navegador en línea y muchas veces de manera gratuita. Lo obvio de lo antes argumentado, tiene relevancia en el mantenimiento vigente de las técnicas utilizadas, permitiendo la consolidación en el tiempo para entender situaciones complejas y modelarlas, con el advenimiento de la inteligencia artificial como principal herramienta para la toma de decisiones humanas.

LÓGICAS NO CLÁSICAS / DIVERGENTES. PANORAMA SINÓPTICO

Nohelia Y. Alfonso V.⁴

La lógica es la ciencia del logos, es la palabra hablada con sentido; es comunicación, afirmación, sentencia y argumentación. Es la capacidad de pensar y hablar con sentido: el pensamiento racional, la razón. Las lógicas no clásicas se apartan de la bivalencia y la verifuncionalidad, fomentando un espíritu pluralista, no dogmático, abierto al cuestionamiento, a la crítica, a la confrontación argumentativa. Son también llamadas desviadas o divergentes, son sistemas lógicos que contravienen algún principio de la lógica clásica o se apartan de esta en algún rasgo, se denominan así cuando alguna de las fórmulas preposicionales que son válidas en la lógica usual no son demostrables en la misma.

Las lógicas no-clásicas, introducen otros mundos posibles y necesarios. De manera general, niegan el principio de tercero excluido o bien, no se preocupan por el principio de contradicción. Con ello, se trata de lógicas de mundos posibles y no ya únicamente del mundo real, ahí afuera/al frente. Hay lógicas que se ocupan de establecer si lo que se sabe del universo microscópico se corresponde o no con lo que se sabe del universo macroscópico.

De modo que las lógicas no clásicas surgen en el intento de extender el alcance de los métodos de la lógica a dominios de mayor complejidad o a los que antes no había llegado el análisis formal; intentar reparar las deficiencias observadas en la conducta de la lógica bajo su análisis clásico y reemplazar el

⁴Postdoctora en Investigación. Doctora en Ciencias de la Educación. Magister en Derecho Laboral e Investigación Educativa. Abogada. Docente Universitaria UBA. Investigadora PEII "B". noheliay@gmail.com. orcid.org/0000-0002-6041-9140

análisis de una constante o rasgo definitorio de una lógica por otro considerado correcto.

Se caracterizan por que no existe una única verdad lógica, reconocen y admiten que nueva información puede alterar o modificar información o verdades previamente adquiridas, abarcan la incertidumbre, la pluralidad, la complejidad del mundo y la naturaleza, su semántica es la de mundos posibles. Existen diversos sistemas alternativos de notación. Son posibles múltiples sistemas deductivos y multideductivos, se trata de lógicas no-monotónicas.

Lógica Clásica

De acuerdo al Glosario de Filosofía Alicante (2017) es la ciencia que trata de los principios válidos del razonamiento y la argumentación. El estudio de la lógica es el esfuerzo por determinar las condiciones que justifican a una persona para pasar de unas proposiciones dadas, llamadas premisas, a una conclusión que se deriva de aquéllas. La validez lógica es la relación entre las premisas y la conclusión de tal forma que si las premisas son verdaderas la conclusión es verdadera. La lógica es la rama de la filosofía cuyo objeto es la enunciación de las leyes que rigen los procesos del pensamiento humano; así como de los métodos que han de aplicarse al razonamiento y la reflexión para lograr un sistema de raciocinio que conduzca a resultados que puedan considerarse como certeros o verdaderos

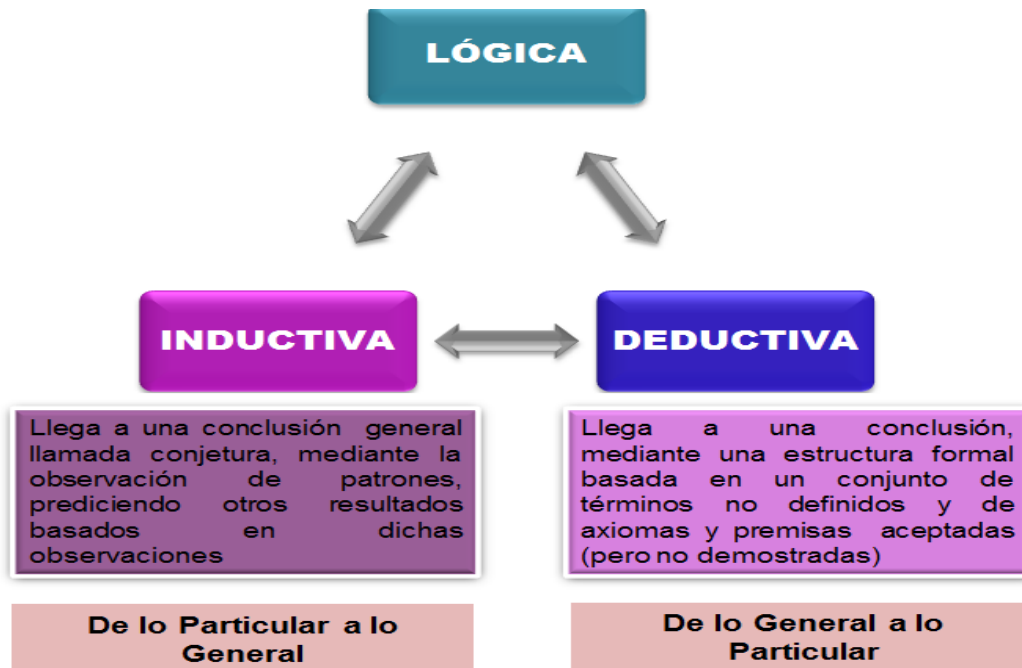
De acuerdo con Galisteo (2013) es aquella que se desarrolla desde Aristóteles hasta las aportaciones de Alfred Tarski, hacia mediados de los años 30 del siglo XX. Entre ellos destacan la lógica proposicional, la lógica de predicados de primer orden y la lógica de predicados de segundo orden.

CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Se caracteriza por ser lógicas bivalentes, esto es, solo operan con dos valores de verdad: verdadero y falso. Se basan en el principio de identidad, el de no contradicción, en el principio del tercero excluido y en el principio de explosión. Son, equivalentes al cálculo de principios y, por lo tanto, equivalentes entre sí. Monotonicidad de la implicación

La lógica clásica nace con Aristóteles, con su teoría del silogismo categórico, introduce las nociones de validez, la de deducción y la de inferencia. En el siglo XVII Leibniz plantea la creación de un lenguaje artificial para expresar el pensamiento puro sin la interferencia de las vaguedades propias del lenguaje ordinario. No obstante, no es hasta finales del siglo XIX, cuando las bases definitivas de la lógica clásica quedan sentadas, alcanzando, asimismo, un alto grado de matematización, las cuales se muestran en la figura 1, a continuación.

Esquema 1. Tipos de lógicas clásicas



Fuente: Muñoz (2019)

Lógicas no-clásicas

Expresa Galisteo (2013) que se denominan así a todos los sistemas lógicos surgidos a partir del Siglo XX, que no comparten algunos de los principios de la lógica clásica o incluyen nuevo vocabulario y nuevos teoremas. Lo que caracteriza a las lógicas no clásicas, es que todas rechazan algún principio de los que caracterizan a los sistemas de lógica clásica o bien incluyen nuevos teoremas con nuevos símbolos creados para expresarlos, siendo una extensión de la lógica clásica. Las lógicas no clásicas no son equivalentes al cálculo expuesto en Principia y, por tanto, ningún sistema de lógica no clásica es equivalente a algún sistema de lógica clásica y ninguno es equivalente entre sí. Algunas de estas se describen seguidamente.

Lógicas Multivaluadas.

Se atribuyen a Lukasiewicz y Post (1920) estas lógicas intentan extender los métodos de la lógica clásica a dominios más próximos a la experiencia cotidiana, mediante el establecimiento de grados intermedios de verdad frente a los valores clásicos de verdad y falsedad, poseen un mayor desarrollo y motivación en el ámbito del lenguaje.

Lógicas Difusas.

Los sistemas difusos son una alternativa a las nociones de pertenencia y lógica que se iniciaron en la Grecia antigua con Aristóteles y Platón. En 1920, Lukasiewicz logró establecer los principios de la lógica multivaluada. Zadeh aplicó estos principios a cada objeto en un conjunto, creando de esta manera, el álgebra de conjuntos difusos y la publicó con el nombre de lógica borrosa, esta teoría considera entre los valores de falso y verdadero, ciertas funciones denominadas funciones de pertenencia. Incorporó el principio de

incompatibilidad, que conforme la complejidad de un sistema aumenta, la capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes.

Con la lógica borrosa existe la posibilidad de regular un sistema por medio de reglas de sentido común, relacionadas con cantidades indefinidas, las cuales pueden ser enunciadas por expertos o aprendidas con estrategias adaptativas mediante la observación, de forma similar a la que un individuo opera un mecanismo real. Esta lógica modela matemáticamente funciones no lineales cuyas entradas son procesadas en salidas concordantes con destrezas lógicas que utilizan el razonamiento aproximado y su aplicación ha alcanzado mucho éxito en los diferentes campos de control. Podría decirse que esta aplicación, en el campo de la técnica es ya rutinaria y en cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología o economía.

Son aquellas lógicas multivaluadas que admiten infinitos valores de verdad, se refiere a los principios formales del razonamiento aproximado. Se caracteriza por su flexibilidad, su tolerancia con la imprecisión y su capacidad para modelar problemas no lineales. Es importante al momento de representar conocimiento en base a información incompleta, imprecisa o bajo incertidumbre. Permite representar el pensamiento humano que no es exclusivo de lo cuantitativo sino también lingüístico cualitativo, de lenguaje matemático. Es decir, permite trabajar a la vez con números y términos lingüísticos. Puede controlar o describir un sistema usando reglas de sentido común que se refieren a cantidades indefinidas. De mucha utilidad, cuando los

matemáticos carecen de algoritmos que dictan cómo un sistema debe responder a ciertas entradas.

Se aplica a conjuntos cuya frontera no está definida con precisión. Situación que se relaciona con la mayoría de las aplicaciones de la lógica difusa en las matemáticas. Para la representación de los grados de pertenencia de cada uno de los elementos que conforman el conjunto difuso se deben extraer los datos del fenómeno que se va a representar y con ellos definir la forma de la función de membresía. Existen funciones de membresía convencionales que permiten realizar un mapeo de un universo nítido a un universo difuso, grados de membresía entre 0 y 1. No existen tautologías pero sí cuasi-tautologías, ya que las proposiciones no adquieren valores de 0 o 1 como en la lógica booleana, sino que contemplan valores de pertenencia entre 0 y 1.

Se relaciona con funciones que no se encuentran definidas con precisión. Situación predominante en las aplicaciones de procesamiento de datos y de control automático. Posee la capacidad de reproducir de forma aceptable los modos usuales del razonamiento, donde la certeza de un enunciado es cuestión de grado. Tiene reglas tomadas de expertos, pero cuando no hay experto, los sistemas difusos adaptativos aprenden las reglas, observando cómo la gente manipula sistemas reales.

Lógica Modal.

Se emplea para el estudio formal de las nociones de necesidad y posibilidad. Se presenta como un intento de extender el dominio de la lógica al análisis de ciertos conceptos fundamentales hasta entonces no bien entendidos. Para ello es preciso actuar sobre el lenguaje, introduciendo una

nueva categoría de constantes destinadas a representar estos nuevos conceptos y ofrecer un desarrollo semántico de los mismos.

El responsable de este planteamiento, McColl señala que cuando un enunciado implica a otro, no se quiere decir meramente que o bien es falso o que opera y como consecuencia es verdadero. Parece existir un cierto componente de necesidad que no queda recogido ahí en absoluto. La atención gira progresivamente hacia el concepto de necesidad y su dual, la posibilidad. Al tratarse de un símbolo nuevo, no hay historial axiomático que quepa aplicar lo cual permite, en cierto modo, partir de cero.

Los primeros que consiguen someter el operador de necesidad a un tratamiento semántico aceptable son Kanger, Kripke, Montague y Hintikka en torno a 1950. La solución formal pasa por incorporar la noción de mundo posible (w), pero en la medida en que esa noción es relacional, un mundo sólo es posible con respecto a algún otro, por lo que se incorpora la relación (r) entre mundos posibles, que plantea la correspondencia entre axiomas específicos y propiedades de la relación de accesibilidad. No hay, por tanto, un único sistema modal sino varios. Muñoz (2019) sintetiza que incorpora como operadores lo necesario y lo posible.

Entre las lógicas modales aplicadas se encuentran: (a) la epistémica, como una lógica intencional que pretende formalizar enunciados de creencias u opinión, (b) temporal, que incorpora parámetros temporales, ya que la verdad depende del momento en que se produce, (c) deóntica investiga la obligación y el deber moral.

Lógicas no-monótonas.

La lógica clásica es monótona en el sentido de que el agregado de nueva información a las premisas de un razonamiento válido no altera la conclusión. Por el contrario, las lógicas no monótonas buscan modelizar el razonamiento derrotable. Muñoz (2019) explica que estas pretenden formalizar situaciones reales en las que se decide sin un total de información y que posteriormente admite, conforme se prueben o refuten creencias, revisar el sistema total de creencias.

Lógica paraconsistente.

Robles y Méndez (2009:11) afirman que “en términos generales, la consistencia es entendida como la ausencia de contradicciones y la paraconsistencia como la ausencia del principio de explosión”. Reciben esta denominación aquellos sistemas diseñados para tratar en principio con enunciados inconsistentes o paradójicos. Los modos de entender estas nociones son muy variados. Tiene su origen con Kleene (1938, 1952) y como fundamento la teoría de la computación, este introduce junto a los valores clásicos, un tercer valor (u =indefinido). En 1939 Bochvar propone otras conectivas parciales, el tercer valor, (l =indeterminado o carente de sentido).

Priest considera la adición de un tercer valor de verdad (p =paradójico), lo que permite la derivabilidad de enunciados verdaderos y de enunciados paradójicos, pero nunca de enunciados falsos. Por su parte, Arruda y Da Costa (1996) plantean relaciones binarias entendidas como subconjuntos de pares formados por fórmulas y valores de verdad.

La lógica paraconsistente se trata de un tipo de tratamiento de la compleción de información, conlleva un grado de indeterminación que impide

concluir si el algoritmo empleado va a concluir arrojando un resultado o va a continuar indefinidamente sin arrojar uno, por lo que resulta una lógica útil para razonar en circunstancias en que los enunciados formalizados se refieren a algoritmos y sus resultados. Su fuerte componente intuitivo ha hecho que sea empleada para producir sistemas artificiales de razonamiento capaces de operar bajo información incompleta, puede ser considerada como una genuina extensión del modelo de la lógica clásica a un contexto más amplio.

Esta lógica que introduce la noción de inconsistencia, por lo que se adapta a las situaciones cotidianas en las que se maneja información contradictoria sin que implique un razonamiento trivial o arbitrario. Trata de conocer los procesos mentales que se emplean cuando se opera lógicamente en situaciones habituales de conflicto. Intenta tratar las contradicciones en forma atenuada.

Guétmanova, Panov y Petroj (1991) explican que las lógicas paraconsistentes permiten trabajar con situaciones y opiniones contradictorias. Refleja por medios lógicos el carácter específico del pensamiento del hombre sobre estados transitorios que, junto con la estabilidad y el reposo relativo, se observan en la naturaleza, la sociedad y el conocimiento.

La lógica paraconsistente se puede aplicar a la economía, computación, robótica, en sistemas especializados, para el control del tráfico de trenes. También en el control del tráfico aéreo. Cuando se presenta una situación en que varios aviones no pueden aterrizar, por ejemplo, por mal tiempo, el controlador de vuelo recibe y envía informaciones. Estas nunca son exactas porque no se sabe exactamente a qué altura vuela el avión. La altura siempre tiene un pequeño error. Luego, debe interpretarse correctamente en la

computadora del controlador para evitar accidentes. La lógica paraconsistente es una de las maneras pensadas para resolver el problema.

Es un sistema trivalente, ya que contiene un tercer valor de verdad (i) el cual se agrupa en dos clases: aquellos sistemas que interpretan este valor como ni verdadero ni falso y los que lo interpretan como verdaderas y falsas al mismo tiempo, el sistema de lógica de las paradojas (LP) que es el mismo que el sistema K3 de Kleene pero tiene la particularidad de que el conjunto de valores distinguidos es 1, 01. La base deductiva de la LP no es separable y por lo tanto el significado de sus conectivas no queda unívocamente determinado, ya que no tiene reglas para la negación sino que en su lugar figuran la introducción y eliminación de la doble negación, ya que ha sido construidos para dar cuenta de la lógica de dominios vagos o difusos o de los que admiten cierto tipo de contradicciones.

Lógicas paracompletas.

Se prohíbe la compatibilidad y se permiten las indeterminaciones. Es un sistema lógico que no adopta la ley del tercero excluido. Del mismo modo, puede suceder que tanto una fórmula como su negación sean falsas. Al respecto, Tarcisio (2012) explica que estos sistemas lógicos fueron construidos para corresponder a la alternativa semántica que se califica como escépticos. En un contexto de verdades relativas divergentes para un mismo hecho, se acepta como verdadero si es cierto para todos los puntos de vista. Otro contexto en el que se aplican estas lógicas está relacionado con las cuestiones de percepción, conocimiento o creencia. Definimos además una semántica de matriz finita que refleja más fielmente esta última aplicación.

Lógica Intuicionista.

Encuentra su primera expresión a través de modificación en la conducta de la derivabilidad clásica. El movimiento intuicionista tiene su origen en Brouwer y Heyting (1920). Al respecto, Muñoz (2019) explica que parte de presupuestos constructivistas pretende investigar las construcciones mentales matemáticas como tales y no tanto la naturaleza de los objetos construidos. Por su parte, la Enciclopedia Heder (2017) señala que esta lógica supone un cierto rigorismo metodológico que, pese a seguir las reglas de deducción desplegadas en los Principia Matemática, no acepta el principio del tercero excluso ni el de la doble negación así como tampoco toda disyunción de la que no pueda probarse la verdad de al menos uno de sus miembros. La lógica intuicionista conserva el principio de explosión, ya que en los conjuntos finitos siempre es posible verificar si una proposición es cierta o falsa; en los infinitos, no. El siguiente esquema presenta distintos tipos de lógicas.

Esquemas 2 Tipos de lógicas



Fuente: Muñoz (2019)

La lógica clásica constituye la ciencia de los principios formales y normativos del razonamiento, que centra su atención en la forma lógica de adoptar los pensamientos para la construcción de lenguajes formales con claridad y precisión. En tanto que la lógica difusa, conforma la ciencia de los principios formales del razonamiento aproximado, flexible y tolerante con la imprecisión, capaz de modelar problemas no lineales.

En la actualidad ya no se admiten verdades eternas, sino verdades imperfectas, en las que debe admitirse lo contradictorio y paradójico, como elemento potencial que promueve su avance. Los sistemas lógicos no clásicos son aquellos que rechazan uno o varios de los principios de la lógica clásica. Algunos de estos sistemas son:

Lógica difusa, es una lógica plurivalente que rechaza el principio del tercero excluido y propone un número infinito de valores de verdad.

Lógica relevante, es una lógica para consistente que evita el principio de explosión al exigir que para que un argumento sea válido, las premisas y la conclusión deben compartir al menos una variable proposicional.

Lógica cuántica, desarrollada para lidiar con razonamientos en el campo de la mecánica cuántica su característica más notable es el rechazo de la propiedad distributiva.

Lógica no monotónica, una lógica no monotónica es una lógica donde, al agregar una fórmula a una teoría cualquiera, es posible que el conjunto de consecuencias de esa teoría se reduzca.

Lógica intuicionista, enfatiza las pruebas, en vez de la verdad, a lo largo de las transformaciones de las proposiciones.

Las lógicas modales están diseñadas para tratar con expresiones que califican la verdad de los juicios. Así por ejemplo, la expresión “siempre” califica a un juicio verdadero como verdadero en cualquier momento, es decir, siempre. No es lo mismo decir (está lloviendo) que decir (siempre está lloviendo).

Lógica modal, trata con las nociones de necesidad, posibilidad, imposibilidad y contingencia.

Lógica deóntica, se ocupa de las nociones morales de obligación y permisibilidad.

Lógica temporal, abarca operadores temporales como siempre, nunca, antes, después, entre otros.

Lógica epistémica es la lógica que formaliza los razonamientos relacionados con el conocimiento.

Lógica doxástica es la lógica que trata con los razonamientos acerca de las creencias.

Como corolario Palau (1986) plantea que las lógicas no clásicas o divergentes son válidas para áreas distintas del discurso, por ende, sólo tiene sentido hablar de una pluralidad de lógicas cuando se hace referencia a la validez de las mismas en distintos dominios, enfatiza que no tiene sentido hablar de lógicas rivales y menos aún alternativas, en tanto que estas lógicas han sido pensadas para distintos dominios, en los cuales la aplicación de la lógica clásica resultaba inadecuada.

CAMBIO DE PERSPECTIVA DE LA SOCIEDAD DESDE LA TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES. UNA VISIÓN TRANSCOMPLEJA

Alicia Ramírez de Castillo⁵
Fernando José Castillo⁶



Este capítulo tiene como finalidad presentar la teoría de las catástrofes como parte de las ciencias complejas; para lo cual se parte de una premisa de articulación de los fundamentos epistemológicos y teóricos de la pandemia sanitaria derivada por el COVID-19, que afecta a miles de personas de todos los niveles sociales, económicos, políticos, religiosos, culturales, deportivos, educativos, entre otros, a nivel mundial. Este inusual evento de emergencia que afecta todos los aspectos de la convivencia, por lo que debe ser comprendido desde la teoría de la catástrofe, como principio evidente de la presente transmutación social.

⁵ Posdoctora en Ciencias de la Educación, en Investigación, en Investigación Transcompleja. PhD. Doctora en Ciencias Jurídicas y en Ciencias Sociales- Mención Estudios del Trabajo, Magíster en Derecho Laboral, Especialista en Derecho Laboral. Abogado. Docente Principal Titular 1 en la Universidad Metropolitana del Ecuador, Sede Quito. aliciadecastillo@hotmail.com

⁶ Posdoctor en Ciencias de la Educación, en Investigación, en Investigación Transcompleja. PhD. Doctor en Ciencias Jurídicas y en Ciencias Sociales- Mención Estudios del Trabajo, Magíster en Derecho Laboral. Especialista en Derecho Tributario, Especialista en Derecho Administrativo. Docente Principal Titular 1 en la Universidad Metropolitana del Ecuador, Sede Quito. fernandocastillo484@hotmail.com

Se orienta desde la perspectiva analítica del comportamiento de la sociedad en la actualidad y el extraordinario cambio organizativo, no como una evolución social, sino más bien como involución sistémica competitiva. Está orientado a expresar, desde la perspectiva de la irreversibilidad y del caos, la contingencia general como acontecimiento impredecible y sorpresivo. Se trata sobre la incertidumbre como aspecto reflexivo en tiempos difíciles tomando en cuenta su representación en la vida de los seres humanos.

Teoría de la catástrofe

Fue planteada por René Thom, está basada en la topología, nace como una teoría matemática por lo cual prácticamente desaparece. No obstante, según su mismo autor Thom (1997) permanece como un lenguaje que sirve para explicar acontecimientos muy diversos y súbitos. Se trata de una metodología que se esfuerza por describir las discontinuidades que pudieran presentarse en la evolución de un sistema.

Considera el acontecer y lo dinámico como lo esencial según Santos (1990), trata de captar la realidad en sus variantes, en sus tensiones, la asume como un acontecer. Es un pensamiento que por primera vez trata científicamente de aproximarse al acontecer. Aparece como un nuevo método: la homología, es decir trata de entender lo que ocurre por comparaciones sucesivas. En este lo primero que hay que hacer es saber mirar para ver, entre los aconteceres, que las formas se aproximan una a otras; lo segundo es tener una mirada múltiple

Este método de aproximación múltiple vendría a ser el reconocimiento de que ninguno de los métodos puede agotar la cosa, que siempre es emergente. De acuerdo a Santos (ob cit) "...el objeto nunca será absorbido, siempre será trascendental, siempre estará ahí. Tendremos que crear todos los caminos que sean posibles" (P.109). Este planteamiento es perfectamente congruente con la vía metodológica que Villegas (2020) plantea para la transcomplejidad.

Para esta teoría, la actuación, la manipulación del objeto, es lo que lo convierte en real. La realidad ya no viene de la propiedad, sino del contacto. Para la teoría de las catástrofes existen zonas determinísticas muy limitadas en

medio de grandes regiones de indeterminación, como en los acontecimientos catastróficos. Es una teoría de los cambios bruscos, de las bifurcaciones, entre las cuales puede haber algunas que sean renovadoras, que marquen nuevos caminos. Es el intento de estudiar las bifurcaciones.

Desde el punto de vista semántico, la catástrofe sería la paradoja, el momento en que el pensamiento ya no logra entenderse a sí mismo y, por lo tanto, tiene que tomar otro camino. Un pensamiento verdaderamente creador es siempre un pensamiento catastrófico, que produce una bifurcación, una morfogénesis, un cambio de plano. No hay que olvidar que vivimos en un solo plano en un mundo que no es plano.

A propósito de la realidad hoy

El presente de la actual sociedad parece ganado por la incertidumbre de un futuro nada prometedor, ante lo inédito de la calamidad producida por el COVID-19, ya que asienta el desvanecimiento de viejas seguridades ontológicas en la psiquis humana. Cayeron en desgracia las leyes del equilibrio económico, del convivir socialmente aceptado, de la salud y la asistencia social e incluso las de la muerte. Es debido precisamente al desconocimiento de su causalidad, aunque todos saben de los efectos devastadores que se han expandido por todo el mundo.

Hasta ahora, con excepción de muy pocas personas, nadie sabe cómo se produjo, por quién ni cuándo. Esta situación, alejada completamente del equilibrio económico y social, lo que potencializa precisamente es el desorden, por cuanto no hay analogía comparativa ocurrida anteriormente como la actual realidad social, donde acaecen las caoticidades y asimetrías de diversos grados en sus distintos entornos, es decir, individual, familiar, social, económico, educativo, religiosos, laboral, entre otros, incluso afectando su paz interna y social.

Es por ello que se distancia de la orientación dada por Erik Christopher Zeeman (1976) en su aplicación de la teoría de las Catástrofes en las ciencias humanas, por cuanto la sociedad en un cortísimo espacio de tiempo pasó de un sistema estructuralmente estable a manifestar una discontinuidad, con un

cambio histórico repentino donde la conducta socializada y los comportamientos no son ni podrán ser iguales, por cuanto será imposible que la situación económica y social vuelva a ser la misma.

Estas desarticulaciones sociales obligan a una conducta multidireccionada, cuya acción es “sálvese el que pueda”, desdibujando las “antiguas” referencias identificarias basadas en la ostentación y la opulencia como en la pobreza y la resignificación empírica del poder. Ahora el mundo es representado como “mi mundo”, con una ilusión de singularidad que acontece en un espacio y tiempo indefinido. Esta coexistencia entre los avances tecnológicos y científicos con el eterno periplo de millones de personas que habitan el planeta, se cruzan con la expectativa de un bienestar que no llega debido a las limitaciones de la exclusión y contrastes de un universo con signo en la impronta de lo inédito y de lo trágico.

Siendo oportuno destacar lo señalado por Villegas (2020), cuando expresa: “Los tiempos actuales caracterizados por la incertidumbre, la complejidad y la diversidad e influidos por las tecnologías de la información y comunicación, así como la globalización demandan una nueva forma de producir conocimientos”(s/p). Es necesario resaltar donde convergen los sentimientos humanistas y sociales, ejes que constituyen ejemplos de complejidad, ya que ellos representan el tejido social de la contemporaneidad.

En cuanto a este dilema, D’Andrea (2019) señala que “la incertidumbre, en tanto, evoluciona con independencia del tiempo, y su aprehensión es esquiva y limitada para quienes se forman con una percepción lineal, incluso con una alta especialización. Ciencia, tecnología y gestión integradas en pos de desmarañar lo intrincado”(s/p).

Se señala una muy particular diferencia entre la inferioridad de una persona con otra, sin darle permiso de que exista ni que sea lo que quiera ser debido a la segregación social con la despersonalización e individualización que colide con cualquier misticismo religioso y el consabido riesgo del extrañamiento social vivido como exterioridad por lo que en el contexto de los

sistemas complejos no se puede hablar del nacimiento de un tiempo, pero sí del nacimiento de nuestro tiempo, de acuerdo a Prigogine (2012).

El miedo y la esperanza conviven y se interrelacionan con la dignidad de la vida y con la persistencia de nuevos paradigmas plenos de opciones, pero igualmente llenos de incertidumbres incrementadas por la complejidad en este inacabado deslinde entre la persona y la sociedad en movimiento dentro de la circularidad, en busca de la distensión en el desconcierto del mundo operando como una multireferencialidad constituyente de interrogantes. Cuando hay estabilidad en un determinado sistema se limita la complejidad, reduciendo las diferencias contenidas en la alteración o cambios potenciados en lo inestable y no en la estabilidad.

La multiplicidad de la dinámica social invoca la inmediatez de la problemática porque la desconoce, debido a que sólo posee un saber unidimensional, aunque sea igualmente una zona de riesgo como esfera de la individualidad delimitada por la intersubjetividad, en el ámbito de la noción de sociedad acertadamente imperfecta. Este discriminar, en el sentido de todo lo diferente a lo igual, se refiere a identidades individuales y no colectivas, planteando, de acuerdo con Durkheim, las diferencias entre la psicología como ciencia de los comportamientos individuales y la sociología como ciencia de los comportamientos colectivos.

Visto en el microcosmos de la inmediatez, se tiene lugar a un tipo de comienzo en lo social, a un inicio irrepetible de cada quién dentro de la socialidad, mediado por los procesos de cambios en el mundo natural, social y en la conjunción de ambos. Por otra parte, dada la magnitud de los cambios que generan más dudas e incertidumbre y que forman parte de la identidad múltiple de lo que está por venir; como interrogante que se la plantea la misma sociedad como espectadora en su cotidianidad de su propio contexto, sin la condición de posibilidad de implicarse en la construcción de su futuro.

Este despliegue de las interrogantes sin respuestas tiene la aureola de una emergencia, con la urgencia por encontrar zonas de seguridad dentro del proceso crítico que implica su rechazo, sin que se posibilite su comprensión,

dando lugar a lo manifestado por Balandier (1993.61) en cuanto que “la sociedad ya no es más lo que era” en su trabajo sobre la teoría del caos y sus implicaciones para las ciencias sociales. Lo que da pie para la precariedad perceptiva y la minimización del relacionamiento de los unos con los otros, contenido en un proceso pluridimensional sin que pueda considerarse como la vuelta a lo simple.

En búsqueda de la comprensión de la sociedad actual

Diera la impresión que en la actualidad la sociedad no tiene una senda definida ni vía para ningún lugar determinado ni determinable, postergando la comprensión de la problemática de si hay que cambiar la realidad o en su defecto, seguir con la anterior. Esta incapacidad propositiva de planificar su propio porvenir significa la resignificación de las nociones de desarrollo y bienestar y al derecho de vivir con dignidad, dentro del contexto de la tolerancia, del respeto cultural a la diferencia, del derecho a disentir y al ejercicio de la libertad. En esta incertidumbre futurista se presenta la indeterminación para designar lo inviable de la predictibilidad como centro de un adiós al futuro.

La simultaneidad de las formas de organización de la sociedad, inherentes a las bases referenciales de la coexistencia con el proceso de la contemporaneidad y la imbricación de los avances tecnológicos, colide con el relacionamiento social y económico dentro del contexto de la desigualdad y las diferencias sociales establecidas en el proceso de la globalización que trasciende el curso real, pero a su vez complejo, del transcurrir epocal de la sociedad desde la afirmación radical del presente.

Enfocar la diferencia como comparativo mediante la incorporación de lo inédito es registrar los cambios desde la complejidad, fundamentándose en las propiedades que hacen posible su distinción mutacional respecto de unos a otros grupos sociales que participan en la producción de la inestabilidad basada en el crecimiento como derivación de situaciones de equilibrio, de orden y desorden sin que éstos sean mutuamente excluyentes.

Las ciencias no estaban preparadas para describir, comprender, interpretar y explicar este fenómeno, generando efectos negativos y positivos que se registran en las propias realidades de los grupos sociales que conforman el nuevo orden de problematización del mundo, sin que éste sea una nueva realidad de lo real y particularmente de lo social. Esta discontinuidad implica que se produjeron cambios repentinos del comportamiento social, por lo tanto, ya no es posible seguir manteniéndose en el mismo estado de confort.

Aquí se refleja la dificultad de establecer predeterminaciones respecto al curso de diversas situaciones económicas y sociales a mediano y largo plazo, debido a la dificultad de situar el nivel de predictibilidad en la ocurrencia de estos eventos, lo que forma parte del nuevo pensamiento de las fluctuaciones inesperadas que son desencadenantes de un orden crítico devenido en anómalo o no esperado y ni siquiera previsto respecto a la inversión del orden social, ahora convertido en la excepción de la regla.

La geografía mundial de la subjetividad agranda las brechas económicas en la direccionalidad, cambiando la ecuanimidad entre el éxito y el fracaso como consecuencia de factores internos y externos para los cuales en la actualidad, la sociedad no está preparada. No obstante, sí está programada para la entrega del espejismo de un mundo dispuesto para “el bienestar general”, debiendo admitir la conjunción de un desorden absoluto, anómico estructuralmente y sin evidencia de conseguir, por lo menos a corto plazo, un equilibrio. Esta posibilidad de desestabilización de lo tradicional conduce ineludiblemente a la interrupción, condensada en cadenas fácticas, de un orden social establecido, con un nivel y grado de complejidad y de autorreferencia individual, con permanencia y continuidad en el tiempo.

Básicamente la teoría de las catástrofes representa la propensión de los sistemas sociales estructuralmente estables al manifestar discontinuidad conductual, al producirse cambios repentinos no esperados, invirtiendo los comportamientos, convirtiendo lo que al principio fue una tendencia de pequeña discrepancia a crearse una gran divergencia cambiando radicalmente la historia contemporánea.

Sólo el tiempo como una magnitud física de historia social con que se mide la duración o separación de acontecimientos, permitirá ordenar los sucesos en secuencias lógicas, estableciendo un pasado y un futuro, por cuanto el conjunto de eventos presentes no puede relacionarse ni con los pasados ni con los futuros respecto a lo que en la actualidad se presentan. Sin embargo, todos estos eventos forman parte de un modelo de universo cíclico que ya han señalado todas las religiones y sobre todo las doctrinas orientales, a través de su noción de la rueda de la vida, que representa un ciclo sin fin de nacimiento, vida y muerte, del cual, hasta ahora la sociedad no se ha podido liberar.

Cada biografía se repite, es por ello que Nietzsche, con su concepto del eterno retorno de lo idéntico en el que, a diferencia de la visión cíclica del tiempo, plantea que no se trata de ciclos ni de nuevas combinaciones en otras posibilidades, sino de que los mismos acontecimientos se vuelven a repetir en el mismo orden, tal cual ocurrieron, sin posibilidad de variación. Este planteamiento filosófico se contrapone epistemológicamente con las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que plantean la demostración del conocimiento científico y los criterios de verdad, realidad y objetividad.

Se toma en consideración lo planteado por Ritzer (1993.463) quién bajo el lema de un “paradigma sociológico integrado” postula un principio para el análisis sociológico en el cual se debe avanzar hacia la integración de lo micro y lo macro en dos planos, el objetivo y el subjetivo. Esta virtud se debe considerar debido a que las teorías que rigen las sociedades humanas se contemplan como procesos objetivos y/o subjetivos desde los contextos donde ésta está incluida, lo que conlleva a generar una crisis futurista complejizada de mayor expansión dentro de las estructuras creando un espejismo del poder diferenciado entre pobres y ricos, lo que se ilustra como un proceso sinérgico de direccionalidad múltiple.

La incapacidad de imaginar y mucho menos conocer con aproximada exactitud los acontecimientos futuros a los cuales será sometida la sociedad es absolutamente imposible, debido a que se desconocen todas las variables que

puedan estar interviniendo. Lo único cierto es que ya nada es cierto, por cuanto no hay valores absolutos que definir y lo que hay como resultado es un sistema caótico sin que se le pueda aplicar ninguna estadística como respuesta posible a este incierto porvenir.

Este retraimiento social acrecienta el simbolismo de una nueva modalidad de violencia, con la consabida contención de la intencionalidad que antes se materializó en el sentido de la ciudadanía, aunque, sin embargo, se mantiene la esperanza y persistencia de un proyecto futuro con visión de cambio que mantenga la unidad de todas las diferencias y desigualdades posibles. Tal incertidumbre se apropia hasta de la espiritualidad de los seres humanos, trayendo miedo, desesperanza, angustia, tristeza, entre otras emociones que sienten las personas que han recibido, reciben y recibirán el impacto de esta emergencia sanitaria.

TEORÍA DE LOS ENJAMBRES DESDE LA PERCEPCIÓN TRANSCOMPLEJA EMPRESARIAL

Rosy Carolina León de Valero⁷

La teoría de los enjambres aplicada al mundo empresarial es una manera innovadora para hacer crecer una empresa y puede desarrollarse junto a otra teoría, en este caso se complementa con la teoría del capital humano para conformar una complexus que abre un mundo de oportunidades para su aplicación, ayudando a las empresas a maximizar su productividad y ofrecer sus servicios con apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación, que a través de las redes sociales y comunidades en línea traspasan las fronteras impulsando sus productos y transformando el eje de acción.

El capítulo describe el origen de la teoría de los enjambres; las características y su reciprocidad con las empresas; además presenta los puentes de interacción de la teoría de los enjambres junto a la teoría del capital humano y el rol las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las empresas.

Origen de teoría de los enjambre.

La teoría de los enjambres, conocida también como inteligencia colectiva o inteligencia de los enjambres, fue descubierta al azar, por el turco Muzafer Sherif, en 1936; considerado uno de los fundadores de la psicología social, según lo advierte la Revista Latinoamericana de Psicología (1989). Su descubrimiento ocurre justo cuando se disponía a estudiar cómo surge el

⁷ Postdoctora en Investigación Transcompleja; Doctora en Ciencias de la Educación; Magíster y Especialista en Gerencia mención Sistemas Educativos; Licenciada en Educación mención Geografía y Ciencias de la Tierra. Investigador PEII A2; Diplomados en: Investigación, Educación a Distancia. Miembro de la Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT). Miembro del Nodo Investigación, Transcomplejidad y Ciencia (NITC).rosycarolina@gmail.com

conflicto en los procesos grupales, de acuerdo a lo planteado por García y col (s/f).

Sherif, realizó su experimento en dos partes. En la primera, aplicó una estrategia a una persona en solitario a quien solicitó entrar a una habitación completamente oscura; indicándole que le iba a presentar una serie de secuencias luminosas, para que realizara estimaciones sobre las desviaciones que se producirían en el punto de luz. La segunda parte consistió en aplicar el mismo experimento a un pequeño grupo de personas quienes debían expresar en forma oral las estimaciones observadas sobre la trayectoria del punto luminoso.

Los resultados determinaron que en la primera parte del experimento, el individuo que observó la trayectoria luminosa en la serie ejecutada, establecía un patrón de movimiento en el punto luminoso; mientras que en la segunda parte, las estimaciones del grupo se inclinaron a la convergencia, porque siguieron la opinión de la mayoría de los acompañantes. De ese modo Muzafer Sherif pudo comprobar la influencia que tuvo el grupo sobre la forma de pensar del sujeto individual y la creación de normas.



Fig. 1. Enjambres

Fuente: León, R. (2020)

Vale destacar que la teoría de los enjambres de Sherif se inspira en la forma en cómo actúa un colectivo de individuos en la naturaleza salvaje, es decir, estudia el comportamiento de los individuos en la naturaleza según su

especie. Para comprender la teoría veamos algunos ejemplos del comportamiento en diversas especies, que en manada actúan como si fueran un mismo individuo, de acuerdo a lo planteado por Duarte, Pantrigo y Gallego (2007).

Los peces organizados en cardumen forman un banco de peces que se desplazan nadando en una misma dirección de forma acorde en el tiempo, haciendo piruetas y giros a grandes velocidades, sin que tropiecen entre sí y manteniendo cohesión en el desplazamiento cuyo fin es distraer al enemigo el mayor tiempo posible, permitiéndoles a su vez evolucionar en el tiempo, lo que ha determinado un comportamiento evasivo ante diversas contingencias y mantener unida la manada.

Sobre las abejas, los trabajos realizados por Karl Von Frisch zoólogo y etólogo austríaco, investigó a profundidad sobre la danza de las abejas, descrito en la revista zoológica de Austria (1946). Según el propio Frisch, las abejas son insectos sociales que viven en colonias y se estructuran según jerarquías: primero está la abeja reina o abeja madre, quien además de ser la líder, tiene como única función poner huevos, clasificados en fecundados o no; de los primeros nacen las abejas obreras y de los segundos, los zánganos.

Como vemos, la función de la abeja reina es solo reproductiva; mientras que las obreras son hembras estériles que se encargan de limpiar el panal, recoger el polen y cuidar las crías. En este grupo se encuentra un subgrupo, las abejas obreras exploradoras, que son las encargadas de informar, mediante una danza característica, a las otras abejas obreras de la distancia y dirección del lugar donde está su alimento: las flores; en tanto que, la función de los zánganos es solo copular a la abeja reina.

Las abejas son comunidades organizadas que trabajan en equipo, constituyendo el conocido enjambre; no viven separadas, sino que son interdependientes, significa que se necesitan entre sí porque el objetivo general de ese comportamiento es mantener las buenas condiciones de la colonia para que subsista, que bien puede estar libre en la naturaleza o ser criadas en recipientes especiales.

En el caso de la colonia de hormigas que es como se debe referir al grupo de hormigas, tienen una estructura social muy similar a las abejas, porque también tienen una reina y centenares de obreras. La diferencia está en la forma en que se comunican, como ellas no vuelan el proceso de comunicación lo realizan de dos maneras: a través del tacto entre sí al chocar las antenas con sus compañeras o por los sonidos que emiten con su cola en cada golpeteo al suelo cuando dejan una estela de ácido fórmico o feromonas que es percibido por sus compañeras a través de sus antenas, con lo que indican a sus pares el camino a seguir.

Las hormigas tienen un comportamiento suicida, cuando se ven en peligro prefieren sacrificar a algunas de las obreras, con tal recoger el alimento para cuidar la colonia; situación que suele ocurrir, cuando con sus cuerpos, construyen especies de balsas para trasladar a sus compañeras de una orilla a otra en un charco más o menos profundo para ellas en la búsqueda de alimento o cuando tienen que sellar las entradas de la cueva al hormiguero para evitar que ingresen los depredadores, inmolándose en manos del enemigo.

En los tres ejemplos planteados, observamos un comportamiento muy particular según sea la especie en el que está presente el principio de

operación denominado inteligencia de enjambre, considerado según Duarte, Pantrigo y Gallego (2007:101), como “una propiedad que poseen ciertos sistemas biológicos compuestos por agentes sencillos (...) en los que el comportamiento colectivo viene descrito por la interacción local entre agentes, de tal forma que se obtiene un funcionamiento global coherente”.

La anterior cita, sugiere que en los enjambres se desarrolla una inteligencia colectiva, donde un líder dirige la manada y cada individuo se somete a dar cumplimiento a normas mediante la colaboración recíproca entre individuos próximos, facilitando la autoorganización del grupo.

Teoría de los enjambres y su reciprocidad con las empresas

En atención a lo planteado por García y col. (s/f), la teoría de los enjambres opera mediante dos elementos concomitantes: la organización y la estigmergia. Veamos de qué manera estos son recíprocos entre la naturaleza animal y las empresas.

Organización. Es el producto de la creación de estructuras complejas que interactúan entre los componentes de una organización en particular, que en la manada, las tareas son organizadas según el estrato social existente dentro del grupo y su relación con los otros estratos. Mientras que en la empresa la estructura es departamental, que aun cuando cada departamento tiene sus propias funciones son interdependientes entre sí.

Estigmergia o colaboración. Alude a la coordinación de tareas cuyo resultado es estimular la producción de trabajo en la manada. Pero que en una empresa, la asignación de tareas, en principio, es tutela y asignación de un jefe inmediato que actúa como supervisor, pero no por ello significa que los demás miembros no puedan discutir sobre los posibles cambios para mejorar la

producción, ayudar y/o motivar a los pares en las metas departamentales atendiendo a que todo lo que ocurre en la empresa es un aprendizaje continuo que sirve para toda la comunidad que constituye la organización, incluido el propio jefe o supervisor.

Por tanto, el control directo o inducido por el jefe inmediato, pasa a transformarse en un control de tareas indirecto, pero donde el talento humano en su totalidad participa creativamente en las mejoras del sistema. Eso implica que la toma de decisiones de una gerencia participativa tomará en cuenta la opinión del colectivo y jamás será impuesta por el jefe.

La reciprocidad del comportamiento de los enjambres respecto a las empresas, estriba en que en los enjambres actúan instintivamente mediante la ley del más fuerte; mientras que las empresas se autorregulan normativamente mediante la cultura organizacional, entendida de acuerdo con David (2017) como el conjunto de valores, sentimientos, actitudes, percepciones, creencias, hábitos, tradiciones y toda forma de interacción manifiesta dentro y entre los grupos que la constituyen.

Puentes de la teoría de los enjambres en el mundo empresarial

El crecimiento de las sociedades, está impregnado de puentes en todos los ámbitos, desde los más sencillos a los más complejos cuya finalidad es facilitar lazos de unificación importantes en las relaciones humanas, más aún en una empresa. Pero, ¿Qué son los puentes? Si revisamos la definición que nos ofrece el Diccionario de la Real Academia Española (RAE-2019:1) un puente es una “construcción de piedra, ladrillo, madera, hierro, hormigón, (...) que se construye y forma sobre los ríos, fosos y otros sitios, para poder pasarlos”.

De acuerdo a ello, los puentes son construcciones que el mismo hombre ha edificado para pasar por encima de diversos accidentes geográficos, o atravesar espacios intrincados cuyo propósito fundamental es el de mantener en constante comunicación a las comunidades. Por consiguiente estos, son puentes tangibles, mientras que en las ciencias sociales, los puentes son activos intangibles, y permiten estrechar lazos de conexión entre referentes invisibles y complejos como el capital humano y las tecnologías de la información y la comunicación, que mediante un trabajo coordinado, las empresas puedan ofrecer sus servicios a la sociedad.

Si se transpola el comportamiento de los modelos biológicos descritos, a la teoría del capital humano; la teoría de los enjambres queda manifiesta cuando entran en acción las actividades complejas de la que somos capaces los humanos haciendo uso del capital intelectual, donde el líder pone en práctica las estrategias a seguir, para conformar un capital estructural que deriva en el comportamiento del colectivo (esencia interna de una organización) al momento de confrontar situaciones adversas dentro de la empresa, como son los conflictos y las contingencias.

Situación que genera en el grupo la necesidad de tomar decisiones en beneficio de: (a) el recurso humano como elemento activo que hace vida en común dentro de la organización y (b) en pro de la empresa misma; generándose así, el capital relacional, que no es otra cosa más que las relaciones que establece la empresa con otras, creando los puentes intangibles de conexión del cual se habló recientemente. Tal como se presenta gráficamente en la figura 2, que muestra los puentes de interacción entre la teoría de los enjambres y el capital humano.

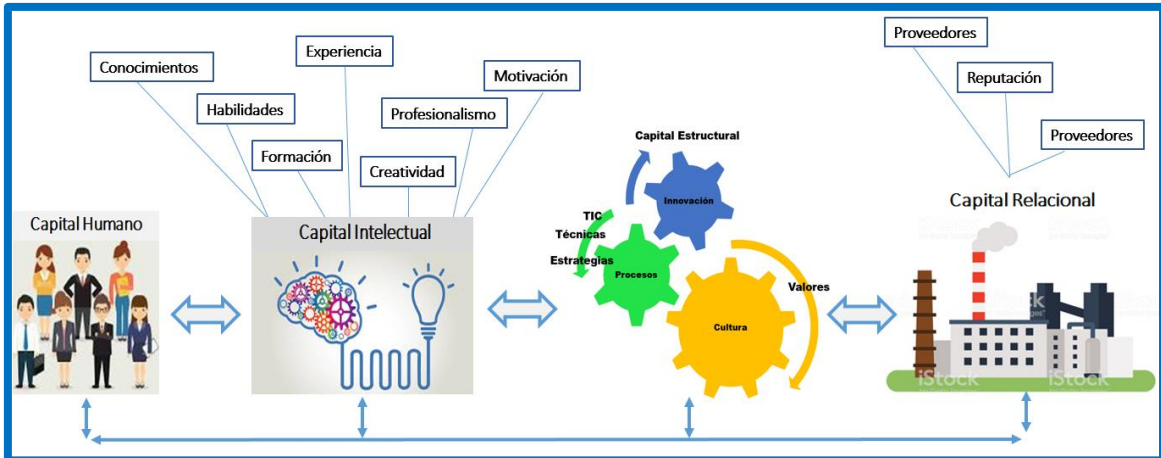


Fig. 2. Puentes de interacción entre la teoría de los enjambres y el capital humano. Fuente: León, R. (2020)

Así, en este ejemplo se entiende que, a partir de la teoría del capital humano, la de los enjambres hace que interdependientemente interactúe el capital intelectual, el capital estructural y el capital relacional, para generar logros empresariales.

Quiere decir que capital humano, tal y como lo presenta Chiavenato (2017) alude al talento y las competencias del hombre y desde la óptica de la producción empresarial constituye activos que van más allá de la esencia del hombre, destacándose aquí particularidades competitivas del ser humano: el capital intelectual, el cual es reflejado en su educación, conocimientos, profesionalismo, habilidades, experiencias, creatividad y motivación.

Entonces, desde la teoría de los enjambres, la empresa, se vale del capital intelectual para generar una estructura departamental y ocupacional que se posa en el capital estructural, dando forma a la naturaleza de la empresa, para lo cual se designan tareas específicas al recurso humano, que trabaja dentro de una infraestructura tangible (la edificación o planta física de la empresa); que a su vez, da piso a la estructura intangible mediante la cultura organizacional, de la cual ya se habló.

De ese modo, cada departamento cumplirá con una serie de procesos dirigidos a la producción de la empresa, pero también donde se emplean técnicas e instrumentos como el uso de las tecnologías de la información y comunicación que conducen al capital relacional, que no es otra cosa que la forma en que la empresa mantiene comunicación directa con clientes y proveedores estableciendo alianzas donde la reputación de la empresa juega un papel importante para su éxito.

El siglo XXI se ha caracterizado por el auge que han tomado las tecnologías de la información y la comunicación que en los últimos tiempos acorta distancias y juega un papel importante en la globalización de la economía, ayudando a las empresas a ir más allá de las fronteras y expandir su producción.

Se puede decir que en las actividades del capital humano (intelectual, estructural y relacional) se despliega un enjambre de tareas, todas orientadas por un líder y regida por normas muy específicas para alcanzar los objetivos de la empresa. En consecuencia, el fin último de la teoría de los enjambres, es impulsar el sentir creativo del talento humano tomando en cuenta el comportamiento de los actores de la organización, de acuerdo a las normas de la empresa a fin de tomar las mejores decisiones en la resolución de conflictos o contingencias.

SISTEMAS EVOLUTIVOS DE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Lourdes Meza⁸

Para adentrarse en las ciencias de la complejidad y sus sistemas evolutivos, es necesario hacer una breve revisión de algunas definiciones de ciencia, además de la revisión de la teoría y las ciencias de la complejidad, como parte del entramado científico que representa esta ciencia en los actuales momentos de la historia científica y por ende se hizo un recorrido por las implicaciones del pensamiento complejo.

También se presenta la conformación de un sistema con la finalidad de visualizar su ejecución y desarrollo y por ende los sistemas complejos fundamentados en sus principios evolutivos inmersos en las ciencias de la complejidad, evidenciando el desarrollo del quehacer científico destacando sus principales autores. De allí surgen los preceptos de la teoría de la complejidad, las orientaciones generales de las ciencias de la complejidad y sus sistemas evolutivos desarrollados en el ámbito de la científicidad.

En lo concerniente a las ciencias de la complejidad, fundamentalmente proviene del latín plexus, que significa entretejido, que tiene relaciones entre sus componentes y con otros componentes. A diferencia de los inicios de la ciencia, que ha sido reduccionista, donde no se separan fenómenos a fin de estudiarlos de manera independiente. En la década de los 80, se desarrolla las ciencias de la complejidad donde se estudian estas interrelaciones que no se pueden cuantificar, con la existencia de múltiples interacciones complejas, representando una perspectiva complementaria para todas las ciencias, a fin de predecir nuevas formas de organización.

⁸ Postdoctora en Investigación e Investigación Transcompleja. Doctora en Ciencias de la Educación. Magister en Administración. Especialista en Derecho Tributario. Licenciada en Administración

En cuanto a un sistema complejo, se define entre otros aspectos, por los grados de libertad que trata el número de parámetros que pueden variar independientemente entre sí, ya que la mayoría son inestables, caracterizados por la fluctuación donde el orden y el desorden se alternan constantemente. De allí la relevancia de esta presentación sobre los sistemas evolutivos de las ciencias de la complejidad y sus aportaciones al quehacer científico.

Ciencia, teoría y complejidad

En tal sentido el término ciencia, proviene del latín scientia, que significa conocimiento, o sea conjunto de conocimientos verificables, organizados de manera sistemática y metodológicamente obtenidos inherentes a un determinado objeto de estudio. Tomas Kuhn entiende por ciencia el método para resolver problemas, que opera dentro de un sistema contemporáneo de creencias. Karl Popper considera la ciencia como un ejercicio continuo en refutación basado en la duda sistemática como fundamento del acercamiento científico. Para Mario Bunge la ciencia utiliza la razón, es exacta, verificable y falible. En términos generales, se considera ciencia al conjunto de conocimientos racionales, sistemáticos, exactos, verificables y por tanto falibles, donde no hay una verdad absoluta de acuerdo a Román (2018).

Maestro (2015) señala que la ciencia no se construye en primera persona, sino que exige un racionalismo compartido conforme a determinados criterios materiales y formales, donde no se puede reducir al pensamiento de un solo individuo, por cuanto no es lo mismo la construcción de opiniones a construcción de estructuras científicas. De esta manera, se estaría produciendo ciencia acorde a los requerimientos de sus postulados o premisas científicas, bien sustentadas en el conocimiento científico.

CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Se entiende por complejidad, básicamente como un conjunto de interconexiones, según el grupo Santa Fe citado por Battram (1996) la define como la condición del universo, integrado a la vez demasiado rico y variado para que pueda ser entendido mediante habituales métodos simples o lineales, trata de la naturaleza de la emergencia, la innovación, el aprendizaje y la adaptación.

Es en ese intentar comprender la complejidad del universo, donde nace el estudio de las ciencias de la complejidad, tales como: la inteligencia artificial, la ciencia cognitiva, la ecología, la evolución, la teoría del juego, la lingüística, las ciencias sociales, la vida artificial, la informática, la economía, la genética, la inmunología y la filosofía. Cabe destacar que, a diferencia de la ciencia tradicional, que estudia simples fenómenos ideales, la teoría de la complejidad estudia fenómenos más comunes en el mundo real, la turbulencia y el desequilibrio, la autoorganización, la adaptación, el aprendizaje del sistema, el incremento de los beneficios y la persistencia, considerados como conocimientos emergentes que surgen en los sistemas biológicos, tecnológicos, informáticos y económicos según Battram (1996).

Por ende, la teoría de la complejidad se considera como las reglas que destacan los fenómenos complejos más comunes en la actualidad, como consecuencia de la turbulencia, el desequilibrio y el carácter imprevisible, la autoorganización, la adaptación, el aprendizaje, los rendimientos crecientes y la persistencia, generando nuevos puntos de vista sobre los comportamientos de los sistemas sociales y económicos. Desarrolla profundas implicaciones en relación al aprendizaje, trabajo en equipo, en sociedad, gestión de cambios, entre otros, basada en una nueva gestión científica, pero con ausencia de

respuestas correctas, y puntos de vista objetivos y privilegiados, ofreciendo una nueva perspectiva donde las relaciones y las pautas son los nuevos principios de la organización.

En estos tiempos de la ciencia, además de la aplicación de la epistemología clásica, se hace necesaria la generación de nuevos conocimientos que permitan ser más creativos e innovadores, de acuerdo a las exigencias de la actualidad, reconociendo que a partir del siglo XX surgen nuevos enfoques epistemológicos con la finalidad de conocer la ciencia, la gestión y el conocimiento. En consecuencia, estos enfoques se enmarcan en el campo de las ciencias de la complejidad, tales como la autopoiesis, los sistemas complejos adaptativos, la teoría del caos, las estructuras disipativas, entre otras. Por ello se requiere un cambio de paradigma en el sentido de Kuhn (1962) citado por Tobón y Núñez (2006) que considera que aún en la comprensión de la ciencia sigue siendo dominante la ciencia tradicional basada en leyes, certezas y relaciones lineales causa-efecto.

La epistemología compleja según Tobón y Nuñez (2006) denota la confluencia de aportes de distintos investigadores como: Murray Gell-Mann (1994), Ilya Prigogine y Stenegers, (1984), las contribuciones de Kauffman (1995), Holland (1995), Arthur (1995) y Morin (1995,2000b, 2002a). Este último articula el pensamiento complejo a la comprensión de la naturaleza del conocer, la transdisciplinariedad y la antropeética.

Por otro lado, el pensamiento complejo fue propuesto por Edgar Morin de Francia, definido como un método para la construcción del conocimiento teniendo como base la forma y dinámica cómo está tejido el fenómeno en sí y con respecto a otros fenómenos. De ahí que el conocimiento y el saber siempre

son multidimensionales, transversales, cambiantes y evolutivos. Reconoce las herramientas complementarias, basadas en la convergencia de diversas disciplinas para indagar exhaustivamente en un determinado conocimiento y poder generar aportes más constructivos a la ciencia.

Morin (2005) distingue entre la complejidad restringida y la complejidad general o generalizada, mientras que Byrne las denomina complejidad simple y complejidad compleja. La complejidad restringida Morin la identifica como las ciencias de la complejidad o ciencias de los sistemas complejos, que utiliza lenguajes formales, modelos matemáticos y simulaciones computacionales aplicados a la resolución de problemas complejos ambientales, sociales, organizacionales, económicos o de otra índole. Por ello, la complejidad general o generalizada es una concepción ontológica y epistemológica, de acuerdo a Luengo (2018).

A su vez, Jean Piaget hace un llamado a una crítica de los conceptos, métodos y principios del conocimiento para determinar su valor epistémico, considerando que no basta la crítica epistemológica de la ciencia entendida como una simple reflexión sobre sí misma, sino que se hace necesario repensar la organización interior de sus fundamentos. Gregory Bateson (1998), es otro de los intelectuales que influyó en el pensamiento complejo, realizando innovadoras investigaciones en zoología, etnología, cibernética y teoría de sistemas, desarrollando un pensamiento múltiple y transdisciplinario. Luengo (2018:78).

Los Sistemas Complejos

Los sistemas complejos son interdisciplinarios, adaptativos, donde convergen diversas disciplinas, con diferentes lenguajes, donde hay que

establecer un lenguaje común para lograr ideas en conjunto, un ejemplo serían las bacterias, las cuales se hacen resistentes a los antibióticos, tienen estructuras jerárquicas, evolucionan y se vuelven más complejos. Lo planteado se muestra en la figura 1, a continuación.

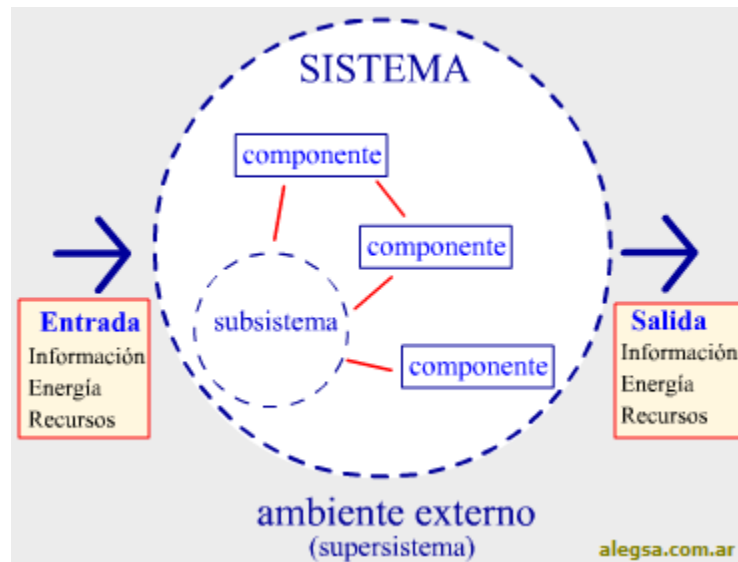


Figura 1. Modelo de sistema
Fuente: Sancho (2015)

En este orden de ideas, cabe señalar que los sistemas complejos se caracterizan básicamente por su comportamiento imprevisible, dado que está compuesto, en primer término, por una gran cantidad de elementos relativamente idénticos, segundo, porque la interacción entre sus elementos es local, originando un comportamiento emergente que no puede explicarse a partir de dichos elementos aislados y por último, es muy difícil predecir su evolución dinámica futura.

Tales sistemas complejos se consideran inestables ya que se mantienen delicadamente equilibrados, cualquier variación mínima entre sus componentes, puede modificar imprevisiblemente, las interrelaciones. Por ello, según Sancho (2015:1) la evolución de este sistema se caracteriza por la

fluctuación, donde el orden y el desorden se alteran constantemente, cada nuevo estado es solo una transición, o como lo denomina Ilya Prigogine, un período de “reposo entrópico”. O sea, crecen progresivamente hasta llegar a su desarrollo potencial.

Al estudiar la complejidad, Henry Atlan señala que las propiedades de autoorganización y autonomía de los sistemas naturales impiden que un observador pueda conocer toda la información del sistema que observa, o sea, el observador no puede reconocer el sistema en todos sus detalles, lo cual se sucede en procesos de complejidad crecientes. Para una mejor comprensión de la evolución de los sistemas de las ciencias de la complejidad, es de destacar sus principios evolutivos, según Morín (1986) citados por Luengo, (2018) tales como:

Principio sistémico u organizativo, basado en la crítica a los procesos genéricos del pensamiento que separan las cosas que en realidad se hallan separadas, lo cual conduce a una percepción fragmentada del mundo. Los conceptos de sistema y organización están unidos, ya que el concepto de sistema no es solamente la interrelación entre el todo y las partes, sino que también es dinamismo organizacional, fundamentado en la interrelación de sus partes.

Principio hologramático, en este caso, cada una de las partes de una imagen contiene casi la totalidad de la información del objeto representado, siendo un tipo asombroso de organización en la que el todo está (engranado) en la parte que está en el todo (holos) y en que la parte podría ser más o menos apta para regenerar el todo. Se encuentra en la complejidad de la

organización biológica, cerebral y socio antropológica, siendo el principio clave de las organizaciones celulares, vegetales, animales y de lo humano.

Principio dialógico, permite mantener la dualidad en el seno de la unidad asociando su relación complementaria y antagónica. Permite el funcionamiento de los fenómenos organizados: cultura- naturaleza, orden- desorden, local-global, individuo-sociedad, vida-muerte, unidad-diversidad, sujeto-objeto, y otros. Se caracteriza por ser no dialógico, excluyendo la contradicción.

Principio de la recursividad organizacional. La organización compleja se basa en el bucle, la circulación, circuito, rotación, no solamente la idea de interacción, cuyo proceso asegura la existencia y la constancia de la forma. El bucle genera la organización que regenera el torbellino o remolino y vuelve sobre el circuito, renovando fuerza y forma, por lo que se considera genésico y genérico y generativo.

Principio de la auto eco- organización, según el cual la complejidad es concebida como organizaciones, como una totalidad organizada conformada por elementos heterogéneos, en interretroacción, o sea, como el mundo físico, biológico y antrosocial y en constante movimiento organización-desorganización.

Principio del movimiento de lo real, basado en entender a los sistemas vivos en constante transformación y movimiento en un esfuerzo por mantenerse en equilibrio a fin de obtener su reorganización para metamorfosearse en nuevos sistemas impredecibles, donde no refuerza el estudio de la causalidad, sino la comprensión de la complejidad basada en los sistemas.

CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Principio de reincorporación del conocedor en todo conocimiento, referido a la reintegración del sujeto cognoscente en el proceso de conocimiento, donde todo conocimiento de un objeto es una reconstrucción o traducción por parte de los dispositivos biocerebrales de un observador bajo una cultura y tiempo determinado.

Principio de incertidumbre, el pensamiento complejo percibe la verdad como una verdad relativa y temporal, considera que el conocimiento es biodegradable, es decir, una visión opuesta a la ciencia tradicional, que busca certezas y seguridades permanentes.

Principio de racionalidad, distingue entre razón, racionalidad y racionalización, donde se indaga sobre los límites de la racionalidad y su relación dialógica entre racionalidad, efectividad y pulsión.

Principio de comprensión, se asume la existencia de regulaciones o uniformidades sociales como históricas, producto de una construcción social determinada por lo que se requiere la comprensión de las situaciones históricas singulares y específicas.

Lo antes expuesto, presenta grandes aportes a las ciencias de la complejidad, en la búsqueda de la verdad de los diversos eventos que se suceden en los individuos, la sociedad y demás sistemas complejos de la naturaleza, a fin de realizar estudios de los fenómenos organizados u organizaciones con y contra el desorden, entre otras variables inmersas en las ciencias de la complejidad.

Es relevante destacar que un sistema complejo es una rama de la ciencia que estudia sistemas formados por muchas partes las cuales tienen interacción entre sí, como por ejemplo el cuerpo humano, el cerebro, las hormigas, quienes

poseen patrones de conductas globales, con comportamientos colectivos o emergentes, donde el todo es diferente a la suma de sus partes, generando una fractalidad a ser estudiada de acuerdo a cada una de sus partes de esta manera integrar un todo significativo y trascendente. Es de destacar que los sistemas complejos se identifican por su diversidad, pluralidad, alteridad o multiplicidad.

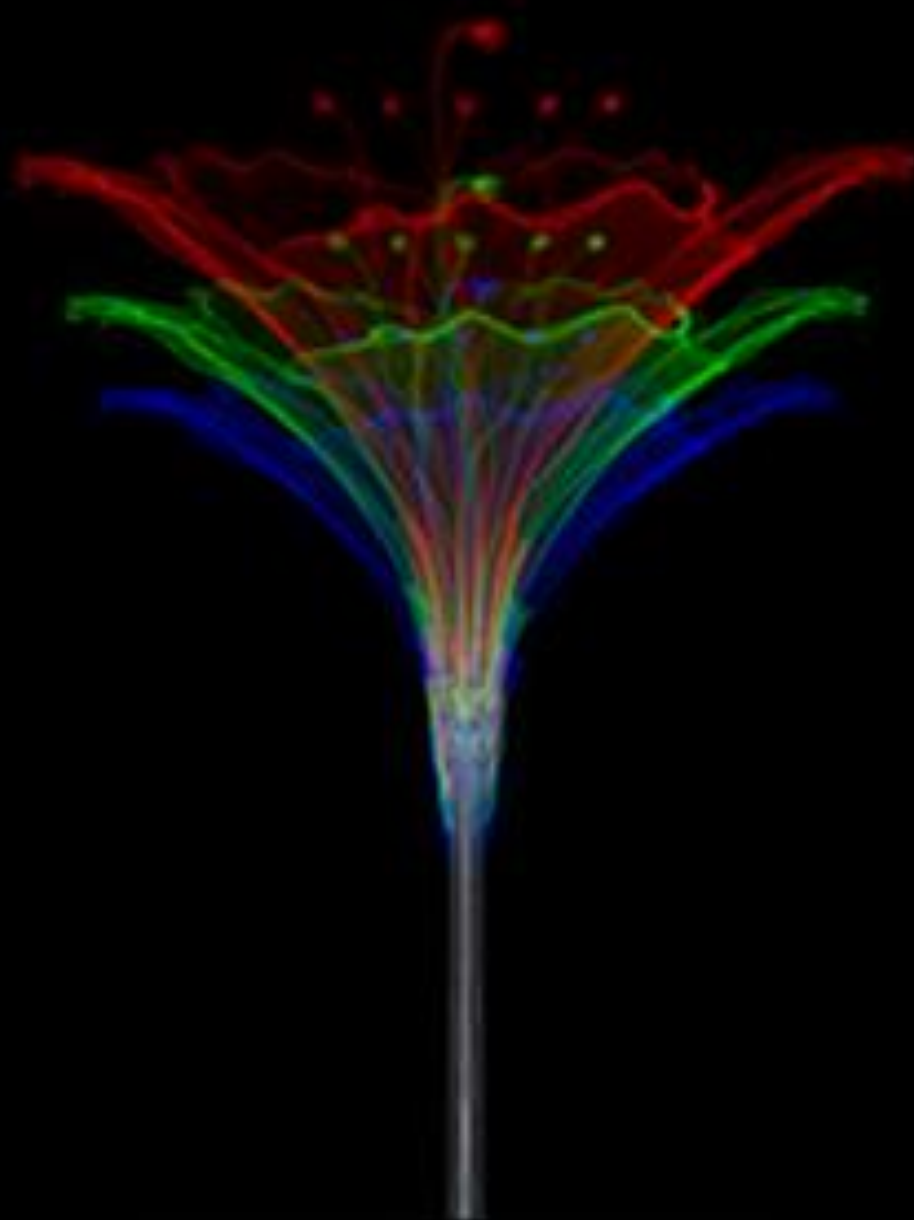
REFERENCIAS

- Almache, J. (2013). **Lógica Clásica y Lógica Difusa**. Estoa No. 2. Documento en línea. Disponible en: Dialnet
- Arruda, A. y Da Costa, N. (1996). **Lógicas Paraconsistentes**. Brasil: Universidad de Sao Paulo
- Axelrod, R. (1997). **The complexity of cooperation agent based models of competition and collaboration**. London,
- Balandier, G. (1993). **El Desorden. La Teoría del Caos y las Ciencias Sociales. Elogio de la Fecundidad del Movimiento**. Gedisa. Barcelona.
- Balza, A. (2009). **Pensar La Investigación Postdoctoral desde una Perspectiva Transcompleja**. Revista de Investigación y Postgrado, 24(3), 45-66
- Barba, A. (2013). **Administración, teoría de la organización y estudios organizacionales. Tres campos de conocimiento, tres identidades. Gestión y estrategia**. 44(Julio-diciembre 2013), 139-151.
- Batram, A. (1996). **Navegar por la Complejidad. Guía Básica sobre la Teoría de la Complejidad en la Empresa y en la Gestión**. Management: Granica, S.A. <https://books.google.com.ar/>
- Blaikie, N. (2007). **Approaches to Social Enquiry**. Cambridge: Polity Press
- Bonabeau, E. (2002). **Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems**. 99 (3). DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>.
- Briceño, M. (2008). **Transdisciplinarietà Policontextural**. Revista extramuro29, 159-176. Caracas, Venezuela: Instituto de Filosofía. UCV
- Burrows, R. and Savage, M. (2014). **After the crisis? Big Data and the methodological challenges of empirical sociology**. Big Data & Society.
- Capra, F. & Luisi, P. (2014). **La visión de sistemas de la vida: Una visión unificadora**. Prensa de la Universidad de Cambridge England: Princeton studies in complexity.
- Chiavenato, I. (2017). **Administración de Recursos Humanos**. México: McGraw-Hill.
- Cooper, S., Löwe, B. y Sorbi, A. (2008). **Nuevos paradigmas computacionales**. Conceptos cambiantes de lo que es computable. New York, Springer-Verlag, (eds.)
- D'Andrea, A. (2019). **Complejidad, Incertidumbre y Prospectiva**. Investigación y Ciencia. Enero, 11. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/tecnologia/102/posts/complejidad-incertidumbre-y-prospectiva-17123>
- David, F. (2017). **Conceptos de Administración Estratégica**. Colombia: Pearson.
- Duarte, A., Pantrigo, J., Gallego, M. (2007). **Metaheurísticas**. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.
- Enciclopedia Heder (2017). **Lógica intuicionista**. Documento en línea. Disponible en: <https://encyclopaedia.herdereditorial.com/>
- Epstein, J. (2007). **Generative social science: Studies in agent-based computational modeling**. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Fergusson, N. (2020). **Modelo de micro-simulación de COVID-19**. Imperial College. Disponible: <https://www.imperial.ac.uk/mrc-global-infectious-disease-analysis/> [Consulta: 25 de marzo de 2020]
- Galisteo, E. (2013). **Lógica Clásica**. Documento en línea. Disponible en: <https://filosofia.laguia2000.com/>
- Galisteo, E. (2013). **Lógicas No Clásica**. Documento en línea. Disponible en: <https://filosofia.laguia2000.com/>
- García, A. (2008). Simple/Complejo. **Estudios Culturales 1**. Valencia, Venezuela: UC.
- García, A y col. (s/f). **La teoría de los enjambres en los modelos de organización de las empresas audiovisuales de televisión digital**. Universidad Complutense: España. Recuperado en: <http://www.cesfelipesegundo.com/>
- Glosario de Filosofía Alicante (2017). **Lógica**. Documento en línea. Disponible en: <https://glosarios.servidor-alicante.com>
- Guétmanova, A. Panov, M. y Petroj, V. (1991). Lógica: en forma simple sobre lo complejo. Documento en línea. Disponible en: <https://www.ecured.cu/>
- Guerra, L. (2019). **Trama epistémica emergente en la nueva arquitectura científica. Posmodernidad-Complejidad - Transcomplejidad y Ciencias de Redes**. USA: Lulú
- Günther, G. (1979). **Life as Poly-Contextuality. «Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik»**. Band 2. Meiner Verlag, Hamburg, p. 283-306
- Guzmán, J. Cayuna A. (2015). **Ontología Emergente para el Posicionamiento del Sujeto ante la Naturaleza de una Realidad desde la Perspectiva Transcompleja**. Revista de Filosofía Eikasía. Recuperado de <http://www.revistadefilosofia.org/63-07.pdf>
- Haynes, P. (2015). **Social Synthesis: Finding Dynamic Patterns in Complex Social Systems. Complexity in social science**. Brighton: series at Routledge.
- Hernández, A. (2006). **Modelización de sistemas complejos para la comprensión organizacional Una exploración del objeto de estudio/intervención de la gestión**. Univ. Empresa 5 (11), 263-302. Bogotá, Colombia
- Lanz, R. (2010) **Diez Preguntas Sobre Transdisciplinariedad**. Revista Agora Año 13- Nº 26 Julio - diciembre - Pp. 197-220.
- Luengo, E. (2018). **Las Vertientes de la Complejidad. Pensamiento Sistémico, ciencias de la Complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas**. Colección Alternativas al Desarrollo. Universidad de Guadalajara. México. <https://books.google.com.ar/books?>
- Maestro, J. (2015). **La Ciencia y sus Enemigos: Cultura, Lenguaje y Conocimiento**. <https://www.youtube.com/>.
- Maldonado C. y Gómez, N. (2010). Modelamiento Y Simulación De Sistemas Complejos. Bogotá: Universidad Del Rosario.
- Maldonado, C. (2009.). **Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias sociales**. Cinta Moebio 36: 146-157. Doi: 10.4067/S0717-554X2009000300001

- Maldonado, C. (2007). **Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones**. Bogotá, Universidad Externado de Colombia, pág. 101-132.
- Miller, J. y Page S. (2007). **Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life**. Princeton, Princeton Studies in Complexity
- Morin, E. (1994). **Epistemología de la Complejidad** en Introducción al Pensamiento Complejo. Barcelona: Gedisa.
- Morin, E. (1996). **Introducción al pensamiento complejo**. Madrid: Gedisa.
- Muñoz, C. (2019). **Introducción a la Lógica**. Documento en línea. Disponible en: [cdn.pdf](#)
- Nicolescu, B. (1996). **La Transdisciplinariedad. Manifiesto**. Paris, Ediciones Du Rocher
- Palau, G. (1986). **¿Una o Varias Lógicas?**. Documento en línea. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/>
- Pentland, A. (2018). **Datos para una nueva ilustración. Una década trascendente**. Madrid: BBVA
- Prigogine, I. (2012). **El Nacimiento del Tiempo**. Fábula Tusquets. Buenos Aires. Argentina.
- Revista Latinoamericana de Psicología (1989). 21(3), 457-458. **Muzafer Sherif**. Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Colombia.
- Ritzer, G. (1993). **Teoría Sociológica Contemporánea**. Mc Graw Hill. Madrid.
- Robles, G. y Méndez, J. (2009). **Consistencia débil y paraconsistencia fuerte**. Documento en línea. Disponible en: <http://grobv.unileon.es/>
- Román, M. (2018). **Ciencia y Aristóteles**. <https://www.youtube.com/>.
- Quiroga, V. y otros. (2011). **Organizar el pensamiento para pensar la organización**. 1 (1). III Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología y XVIII Jornadas de Investigación Séptimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR.
- Reynoso, C. (2006). **Complejidad Y Caos. Una Exploración Antropológica**. Buenos Aires, Argentina: Sb
- Reynoso, C. (2011). **Redes sociales y complejidad – Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura**. Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez Zoya, L. y Aguirre J. (2011). **Teorías de la Complejidad y Ciencias Sociales Nuevas Estrategias Epistemológicas y Metodológicas Nómadas**. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas. Vol. 30, febrero
- Rodríguez Zoya L. y Roggero, P. (2014). **La Modelización y Simulación Computacional como Metodología de Investigación Social**. Poli, Revista Latinoamericana, Volumen 13, N° 39, p. 417-440.
- Rodríguez Zoya, L. y Rodríguez Zoya, P. (2014). **El espacio controversial de los sistemas complejos**. Estudios de Filosofía [en línea], (Julio-Diciembre). Disponible en: <http://www.redalyc.org/>
- Sancho, F. (2015). **Sistemas Complejos, Sistemas Dinámicos y Redes Complejas**. Red Científica. <http://www.cs.us.es/>.
- Sanjuán, M. (2007). La física al encuentro de la complejidad. Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura CLXXXIII (728), Noviembre-Diciembre
- Santos, L. (1990). **Teoría de las catástrofes**. Política y Sociedad 5, 107-117. Madrid: Universidad Complutense.

- Schavino N. y Villegas C. (2010). De la teoría a la praxis en el Enfoque Integrador Transcomplejo. **Congreso Iberoamericano de Educación Metas 2021**. Buenos Aires, <http://www.adeepra.org.ar/>
- Sierra, M. (2006). Lógicas no clásicas. Principios y fundamentos. **Co-herencia** 5 (3). Julio – Diciembre. Pp.225. Colombia: Universidad de Antioquia
- Tarcisio, A. (2012). **Una familia de lógicas paracompletas**. Documento en línea. Disponible en: <http://www.inf.ufsc.br/>
- Tobón, S y Núñez, A. (2006). **La Gestión del Conocimiento desde el Pensamiento Complejo: Un compromiso Ético con el Desarrollo Humano**. <https://www.redalyc.org/>
- Vélez, A. (2019). **Modelación y simulación basada en agentes en ciencias sociales: una aproximación al estado del arte**. Polis (Santiago), 18(53), 282-308. <https://dx.doi.org/10.32735/s0718-6568/2019-n53-1392>
- Villegas, C. (2020). **Transmetodología de la investigación compleja. A manera de Presentación**. En Transcomplejidad Cosmovisión de Complementariedad. Fondo Editorial UBA. Escriba, Escuela de Escritores. Diálogos Transcomplejos. Vol.6, Nro.2. Año 2020. Universidad Bicentenario de Aragua. San Joaquín de Turmero. Venezuela.
- Watts, D (2004). **La Nueva Ciencia de las Redes**. Revisión Anual de Sociología.
- Weaver, W. (1948). **Ciencia y Complejidad**. American Scientist (36):536.
- Zeeman, E. C. (1976). **Estabilidad Estructural, La Teoría de las Catástrofes y su Aplicación en las Ciencias**. PH Hilton Editores. N



CIENCIAS

de la complejidad

2020

