

**Felipe de Jesús Lara-Rosano  
Alejandro Gallardo Cano  
Silvia Irene Almanza Márquez**



**TEORÍAS, MÉTODOS Y  
MODELOS PARA LA  
COMPLEJIDAD SOCIAL:  
UN ENFOQUE DE  
SISTEMAS COMPLEJOS  
ADAPTATIVOS**

## CAPITULO 2

### LA NATURALEZA COMPLEJA DE LA REALIDAD

Desde mediados del siglo XX, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, nuestra realidad ha cambiado. El desarrollo de la computación y las telecomunicaciones han creado un mundo fuertemente acoplado donde los procesos sociales y ambientales se han globalizado. En efecto, tenemos ahora un intercambio global de gente, dinero, bienes, información e ideas que ha determinado la globalización financiera y económica que orilla a cada país a desenvolverse en un entorno de competitividad global. Por otra parte, el desarrollo acelerado de la industria en el mundo con un uso intensivo de carbón, petróleo y gas ha propiciado la producción excesiva de gases invernadero que están provocando ya un calentamiento global de la atmósfera y la hidrósfera con la consiguiente alteración del equilibrio ecológico a nivel global. (Lara-Rosano 2016A).

Esto nos lleva a enunciar algunas características de la realidad compleja que conviene tener en cuenta al tratar de resolver un problema social complejo:

a) **La realidad es dialéctica y está constituida por la superposición de elementos y procesos contradictorios.** Así, coexisten procesos deterministas con procesos estocásticos. (movimientos planetarios vs movimiento de partículas subatómicas o movimiento browniano), procesos reversibles y simétricos en el tiempo con procesos irreversibles. (movimiento armónico ondulatorio vs movimiento bajo fricción), procesos que perduran gracias a su equilibrio con procesos que perduran gracias a su no-equilibrio. (formación de cristales vs procesos fisiológicos), en-idades estables con entidades inestables. (isótopos no radiactivos vs isótopos radiactivos)

b) **Historicidad y dependencia de una realidad de su trayectoria evolutiva.** La realidad no surge espontáneamente en el presente en forma descontextualizada, sino que depende de su historia, por lo que su contexto histórico es esencial para su análisis y explicación, donde el término “histórico” es relativo a la escala de tiempo del problema específico de que se trate y puede abarcar desde fracciones de segundo (por ejemplo, un error de cálculo en ciertas competencias deportivas) hasta milenios (por ejemplo el carácter social de diferentes grupos étnicos). Por consiguiente, en el análisis adecuado de un problema debe contemplarse siempre la naturaleza del proceso histórico que le dio origen. Así, el fenómeno de la migración de indocumentados mexicanos y centroamericanos hacia los Estados Unidos se debe analizar considerando su contexto histórico económico, social y político en las últimas décadas.

c) **Contexto del problema.** La realidad se manifiesta en toda su complejidad en la influencia del entorno en la génesis del problema, lo que equivale a decir que un problema no puede aislarse, descontextualizándolo, del entorno natural y social en el que surgió, sino que los diferentes aspectos de dicho entorno forman parte inseparable de dicho problema. Así, un problema de apariencia meramente técnica, puede ser en realidad un problema en el que intervengan factores técnicos, administrativos, económicos, sociales y políticos. Tal es el caso, por ejemplo, de la construcción de un nuevo aeropuerto o de la constitución de una zona de reserva

ecológica. Esta característica convierte al proceso de solución de problemas en un proceso complejo en el que generalmente deben intervenir varias áreas del conocimiento en forma “interdisciplinaria” (Ackoff 1978)

d) **Diversidad, interacción y auto-organización de agentes como elementos activos constitutivos de la realidad.** En la realidad actúa un gran número y diversidad de agentes biológicos, humanos y sociales a diferentes niveles y escalas, que interactúan unos con otros del mismo nivel según reglas locales, conformando redes de mundo pequeño en las que la posibilidad de interacción entre cualquier pareja de agentes del mismo nivel se puede dar a través de un número reducido de interacciones intermedias. Asimismo, también son posibles las interacciones con otros agentes de distinto nivel.

e) **Aparición de propiedades y fenómenos emergentes.** Las interacciones entre agentes dan como resultado propiedades y fenómenos emergentes, que ninguno de sus integrantes aislado tiene. Un ejemplo es una universidad, conformada por diversos tipos de miembros: los alumnos, los profesores, los administradores, los ayudantes de profesor, los técnicos, los empleados administrativos, los departamentos, los consejos académicos, los investigadores, las facultades, que interactúan unos con otros a diferentes escalas, dando como resultado propiedades y fenómenos emergentes como el aprendizaje, los programas y planes de estudio, la investigación, la obtención de grados académicos, la capacitación para el trabajo, etc.

f) **Procesos y funciones emergentes por auto-organización y co-evolución.** Las interacciones entre agentes dan como resultado por auto-organización y co-evolución el desempeño de funciones emergentes complejas. Un ejemplo es el cerebro, conformado por diversos tipos de células cerebrales, que interactúan unas con otras a diferentes escalas, conformando módulos funcionales que tienen a su cargo diversas funciones cognitivas, como procesamiento de señales sensoriales, reconocimiento de patrones, memoria, inferencias, lenguaje y comunicación, producción y gestión de emociones, toma de decisiones, planeación y control de movimientos voluntarios, etc.

g) **Presencia de factores teleológicos e intencionales en los agentes.** En la realidad actúan agentes animales, humanos y sociales que tienen motivos intencionales u objetivos que son complejos, dinámicos e incluso pueden ser contradictorios. Así, de acuerdo con Rosenblueth, Wiener & Bigelow (1943) en algunos sistemas biológicos animales y en los sistemas humanos y sociales no puede explicarse el comportamiento exclusivamente desde el punto de vista causal: es imprescindible considerar el componente teleológico o intencional, que funciona en un contexto de incertidumbre. Esto aumenta la complejidad.

h) **Los procesos en la realidad son no lineales:** no hay proporcionalidad entre estímulos y respuestas. Pequeñas acciones pueden tener grandes efectos (efecto mariposa). Por ejemplo, el asesinato del archiduque Francisco Fernando, heredero de la corona del Imperio Austrohúngaro en Sarajevo por un estudiante bosnio en 1914, desata la Primera Guerra Mundial con millones de muertos y la desintegración de grandes imperios del siglo XIX como el imperio austrohúngaro, el imperio alemán, el imperio ruso, el imperio turco, así como el debilitamiento del imperio chino y el debilitamiento y posterior desmembramiento de las potencias coloniales como Inglaterra, Francia, Holanda, Italia y Portugal. Asimismo, grandes eventos pueden tener resultados mínimos. Ej. La Revolución Mexicana (con su millón de muertos) no terminó con la desigualdad, la discriminación, la falta de democracia, ni la hegemonía del partido burgués oficial.

i) **Prioridad de las interrelaciones sobre las partes.** Las propiedades emergentes de una entidad compleja no surgen de sus elementos, sino de las interrelaciones entre sus elementos. Por tanto, no se puede comprender una entidad

compleja descomponiéndola en partes, porque al hacerlo se destruyen las interrelaciones que dan sentido al todo. Así, el funcionamiento de un organismo viviente o de un cerebro no se puede comprender desmembrándolo en partes, aplicando un enfoque anatómico reduccionista.

j) **Dinamismo de las partes y de sus interrelaciones.** Tanto las relaciones entre las partes de una entidad compleja como las relaciones entre éstas y el todo son dinámicas y cambian con el tiempo. De hecho, provienen de la historia evolutiva tanto de las partes como del todo. Por tanto, la realidad compleja no puede comprenderse en forma sincrónica, haciendo un corte en el tiempo, sino en forma diacrónica, estudiando las transiciones entre sus fases, desde una perspectiva evolutiva.

k) **Necesidad de un enfoque transdisciplinario.** La realidad se manifiesta en toda su complejidad en la génesis del problema, lo que equivale a decir que un problema no puede aislarse del entorno natural y social en el que surgió, sino que los diferentes aspectos de dicho entorno forman parte inseparable de dicho problema. Así, un problema de apariencia meramente técnica, puede ser en realidad un problema en el que intervengan factores técnicos, administrativos, económicos, sociales y políticos. Tal es el caso, por ejemplo, de la construcción de un nuevo aeropuerto o de la constitución de una zona de reserva ecológica. “Esta característica convierte al proceso de solución de problemas en un proceso complejo en el que generalmente deben intervenir varias áreas del conocimiento en forma transdisciplinaria” (Nicolescu, 1996:35). Lo anterior significa que, para que un problema se pueda solucionar, es necesario tomar en cuenta todos los aspectos que lo afectan relevantemente. Esto es, si el problema es de tal naturaleza que es afectado por factores económicos, sociales y políticos, la solución eficaz no puede contemplar sólo factores técnicos. Esto implica que el enfoque del problema deba ser totalizador y transdisciplinario, es decir, considerar el problema como una totalidad conformada por diferentes aspectos. Para lograr una colaboración transdisciplinaria, señala Nicolescu, “es necesario establecer conexiones y formalizar acuerdos entre diferentes campos del conocimiento, según el problema que se enfrente de la realidad; ello implica crear puentes entre las disciplinas que normalmente no se comunican. Esto no implica desdeñar o confrontar las investigaciones y logros de la ciencia unidisciplinaria, sino de aprovecharlos y potenciarlos de una novedosa manera: fusionar esos hallazgos y procedimientos de investigación bajo un principio de complementariedad con el propósito de comprender el mundo presente “en el cual uno de los imperativos es la unidad del conocimiento” (Nicolescu, 1996: 35).

¿Cuál es la ventaja de este enfoque transdisciplinario respecto de las otras formas conocidas de colaboración entre los campos disciplinarios o ciencias específicas? Para evitar incurrir en equívocos entre los conceptos de unidisciplina, pluridisciplina e interdisciplina, Nicolescu comienza por establecer el rango y alcance de la palabra *transdisciplina*. La partícula “trans”, señala aquello que está al mismo tiempo “entre”, “a través” y “más allá” de las disciplinas o áreas de la ciencia conocida. Si la pluridisciplinaria implica analizar el objeto de estudio atribuido a un área específica desde múltiples disciplinas, y la interdisciplinaria se caracteriza por hacer la transferencia de métodos entre disciplinas, entonces la transdisciplina implica también esos enfoques (comprensión de un fenómeno desde múltiples teorías y transferencias metodológicas), pero va más allá, pues aspira a vencer la fragmentación del conocimiento y la hiper-especialización al posibilitar la generación de nuevas disciplinas.

l) **Características dinámicas de la realidad: plasticidad, aprendizaje, adaptación y evolución.** En los agentes y sus colectivos, así como en sus interrelaciones puede haber plasticidad, aprendizaje, adaptación y evolución. De acuerdo con Darwin, el proceso evolutivo tiene tres etapas: la etapa de variación, la

---

etapa de selección y la etapa de retención.

En la etapa de variación, se presenta una multiplicidad de individuos con diferentes características, pero que pertenecen a la misma especie. Esta diversidad de individuos tiene sus raíces en procesos de diferenciación a nivel de los cromosomas de cada individuo. Esta diferenciación puede darse por mutación aleatoria, cuando hay cambios intempestivos en la estructura de uno o varios cromosomas por la intervención de factores ambientales en forma impredecible, como radiaciones. En otros casos el cambio en los cromosomas se da por réplica cruzada, lo que significa que dos cromosomas pueden asociarse, cambiando cada uno alguna de sus secuencias genéticas para adoptar la secuencia correspondiente del otro. La réplica cruzada es el mecanismo detrás de la variedad genética introducida por la reproducción sexual, donde los cromosomas del padre intercambian algunas de sus secuencias con los cromosomas de la madre, de manera que los hijos no son reproducciones idénticas de ninguno de los padres. Tanto la mutación aleatoria como la réplica cruzada son mecanismos generadores de variedad y eventual evolución que se presentan en la genética de los seres biológicos, pero que podemos encontrar también en la evolución de los sistemas sociales.

En la fase de selección, las especies generaron variaciones a nivel de organismos individuales por mutaciones, algunas de las cuales fueron favorables, aumentando las probabilidades de supervivencia de los individuos mutantes y, por lo tanto, el éxito reproductivo de éstos en un entorno cambiante. Otras mutaciones no fueron favorables y los mutantes se extinguieron, desapareciendo de las especies. Así, en la lucha por sobrevivir, las variaciones de los organismos biológicos fueron más o menos adaptadas a sus entornos, que incluían a otros organismos. Los organismos mejor adaptados sobrevivieron, se reprodujeron aumentando en número y seleccionándose, mientras los menos adaptados quedaron en desventaja y se extinguieron. Si las especies se encontraban separadas una de otra por barreras geográficas, es probable que esas especies cambiaran en diferentes formas, cada una resultando más y más adaptada a su entorno local. Eventualmente las diferencias fueron tan grandes, que las especies divergentes constituyeron nuevas especies.

En la fase de retención, los cambios adaptados al ambiente local fueron retenidos en la población al reproducirse los individuos y en algún momento las adaptaciones acumulativas resultaron en especies completamente nuevas, nuevas formas que no habían existido antes. De esta manera, las poblaciones de especies evolucionaron y co-evolucionaron. El proceso descrito es una dinámica adaptativa, porque la dinámica es hacia el estado más adaptado y se producen formas mejor adaptadas que nunca habían existido previamente (Stacey, 2001). Lo que Darwin propone es un proceso formativo de variación, selección y retención, una forma de auto-organización a nivel de organismos de los cuales emergen nuevas especies.

Esta dinámica evolutiva tiene lugar también en otros planos de la realidad, por ejemplo, en el plano del desarrollo tecnológico, donde las innovaciones van generando nuevas tecnologías, que se confrontan compitiendo en el mercado, de manera que las mejor adaptadas en términos de calidad, efectividad y costos son las que sobreviven y son la base de nuevas innovaciones, mientras las demás se vuelven obsoletas, se dejan de producir y desaparecen. Por ejemplo, las tecnologías de grabación y reproducción musical empezaron inundando el mercado con discos de pasta de 78 r.p.m., que fueron sustituidos sucesivamente por discos de acetato de 33 1/3 r.p.m.; discos de plástico de 45 r.p.m.; cintas magnéticas de varios formatos; grabaciones digitales en discos compactos y grabaciones digitales en varios formatos en dispositivos de memoria de estado sólido.

---

## El concepto de problemática

Toda acción modificadora de la realidad para adecuarla a lo deseado, parte de la identificación de una divergencia entre lo deseado y lo real. Esta divergencia, que hemos definido como el *problema*, no es fácil identificarla, dada la naturaleza compleja de la realidad. Lo único que se percibe es una situación que se califica como negativa, aunque no se haya definido exactamente en qué radica esa negatividad. Por ejemplo, se puede intuir que algo anda mal con la educación básica, pero sin que se sepa precisamente el porqué.

Esta situación constituye, según Ackoff (1974), un “embrollo” (en inglés “mess”) complejo y difuso que, por sí mismo, no da pautas para emprender acciones que permitan salir de él. Es como cuando un paciente percibe que algo le duele en el vientre, pero sin que sepa exactamente qué órgano. Este embrollo complejo y difuso que se percibe directamente en una situación indeseable, es lo que se llama *problemática*.

De acuerdo con Kant (1998), ni la realidad en sí ni su entorno complejo pueden conocerse a través de la percepción ingenua y el sentido común. De la realidad y del entorno percibimos únicamente fenómenos, que son sus manifestaciones externas. Por tanto, la esencia de la realidad debe ser descubierta mediante una actividad especial, que es la investigación científica o filosófica. En la investigación debe emprenderse el conocimiento científico de la realidad mediante la construcción de un modelo conceptual de la misma que, rompiendo con el conocimiento de sentido común (ruptura epistemológica), permita comprender las relaciones entre sus elementos (Kosik, 1967).

Como toda experiencia directa, la problemática es sólo un conjunto de percepciones que, para que tengan algún significado, necesitan ser procesadas e interpretadas con arreglo a ciertos esquemas conceptuales. Para ello, es necesario construir un modelo conceptual de la porción de la realidad a la que se refiere la mencionada problemática, plasmando en él el conjunto de discrepancias que se establecen entre las características reales y las deseables de dicha realidad y que dan lugar a un conjunto de problemas concretos y específicos.

Este proceso de construcción de un modelo conceptual de la realidad a partir de la problemática percibida constituye un proceso epistemológico o proceso de conocimiento que debe obedecer ciertas reglas, para que sus resultados sean objetivos y no meros productos de la emotividad o los prejuicios o desemboquen en apreciaciones simplistas. Tal sería el caso, por ejemplo, si se afirma que la causa de la problemática de la educación primaria es la falta de infraestructura.

## Proceso epistemológico, paradigma y modelo conceptual

El proceso epistemológico caracterizado por la construcción de un modelo conceptual de la realidad y la identificación de problemas concretos a partir de la problemática necesita de un instrumento que permita interpretar dicha realidad a partir de una visión del mundo. Este instrumento es el paradigma (Kuhn 1971). Por ejemplo, si consideramos el transporte público urbano como problemática, es posible identificar características indeseables tales como saturación en las horas pico, contaminación del ambiente, exceso de pasaje en los vehículos, falta de rutas adecuadas, falta de programación de las corridas, etc. Esta problemática no puede resolverse atacando cada uno de estos síntomas por separado, dado que éstos no son más que producto de factores comunes estrechamente vinculados.

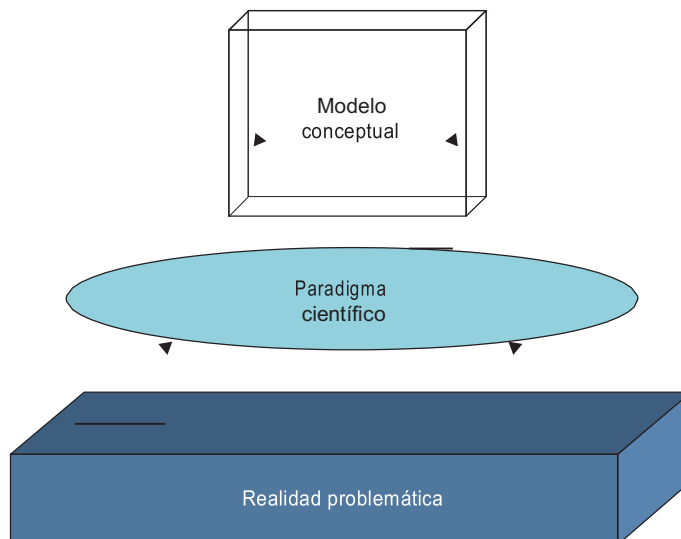
Por ello, como primer paso, hay que construir un modelo conceptual del

transporte público urbano, donde estén ubicados estos factores intervinientes y sus interrelaciones con el fin de definir los problemas concretos que hay que atacar.

La construcción de este modelo conceptual, que es el proceso epistemológico al que nos hemos referido, requiere de la intervención de un paradigma teórico o visión del mundo que sirva de guía para dicha construcción. (Kuhn 1971). Este paradigma es una teoría sobre la fracción de realidad que interesa, constituida por un conjunto de conceptos básicos o categorías, enlazados por principios básicos o leyes que definen relaciones entre ellos y que constituyen las relaciones teóricas del paradigma (Bravo 1980). Ejemplos de estos paradigmas son: en la psicología, el paradigma freudiano, el paradigma conductista y el paradigma psicodinámico; en la mecánica, el paradigma newtoniano, el relativista y el cuántico; en la economía, el paradigma neoclásico y el marxista; en la sociología, el paradigma funcionalista, el marxista y el weberiano, etc.

El modelo conceptual de la realidad, resultado de una construcción teórica a través del paradigma (Bravo 1980), constituye el objeto de estudio o constructo, que es el objeto donde ya se pueden definir los problemas específicos (Figura 3).

Figura 3. Proceso epistemológico para la construcción del objeto de estudio



La justificación de esta metodología, radica en la necesidad de superar el conocimiento vulgar o de sentido común y sustituirlo por un conocimiento rigurosamente científico de la realidad. Así, Durkheim afirma que el investigador debe luchar constantemente contra el conocimiento vulgar y los valores ideológicos que no tienen lugar en un discurso científico y que el procedimiento de la construcción del objeto de estudio debe constituir una herramienta de toque en esa lucha. (Durkheim 1967). Así, por ejemplo, la experiencia vulgar de los sentidos indica que la tierra es plana y que el sol, con el resto de los astros, da vueltas a su alrededor una vez al día. Este conocimiento de sentido común predominó durante milenios, hasta que, con el surgimiento de la ciencia y la metodología científica en el Renacimiento, fue sustituido por un conocimiento científico, basado en el paradigma de Copérnico.

Por ello, como primer paso, en la investigación debe emprenderse el conocimiento científico de la realidad mediante la construcción de un modelo conceptual de la misma que, rompiendo con el conocimiento de sentido común, que es lo que se llama ruptura epistemológica, permita comprender las relaciones entre los elementos de la realidad con el fin de definir los problemas concretos que hay que atacar.

---

La construcción de este modelo conceptual, que es el proceso epistemológico al que nos hemos referido, requiere de la intervención de paradigmas teóricos disciplinarios que abarquen los diferentes aspectos de la problemática como pueden ser los aspectos técnicos, sociales, económicos, administrativos, políticos, etc. que sirvan de guía para dicha construcción.