

LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD EN LA INTERVENCIÓN EN PROBLEMAS EDUCATIVOS

*Felipe de Jesús Lara Rosano**

RESUMEN

En esta ponencia se revisa la intervención en problemas educativos desde el punto de vista de las Ciencias de la Complejidad y de las nuevas teorías educativas, con el fin de explorar nuevos métodos, modelos y técnicas para mejorar la intervención educativa y dar las bases de una meta-metodología de la complejidad educativa.

Palabras clave: complejidad, intervención, problemas educativos, realidad educativa, sistemas dinámicos complejos.

INTRODUCCIÓN

En el presente contexto de cambios y turbulencia se ha señalado, cada vez con mayor insistencia, la necesidad de transformar los Sistemas Educativos para darles mayor viabilidad, adaptabilidad, eficiencia y dinamismo (McMillan, 2008). Esto implica un reto que no

* Investigador del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

es menor ni cosmético: es necesario desarrollar nuevas estrategias y métodos para mejorar la práctica educativa. Esto conlleva al diseño de nuevas prácticas de intervención, al desarrollo de distintas formas de interacción entre los elementos de un sistema educativo (Stacey, 2001), así como plantear procesos operativos más flexibles y adecuados a estas circunstancias, al tiempo que se mantienen estándares de calidad y excelencia.

En este trabajo se proponen principios para la intervención dinámica en un Sistema Educativo, desde el punto de vista de las Ciencias de la Complejidad, con el fin de mejorar la operación y la gestión del sistema.

UN SISTEMA EDUCATIVO COMO SISTEMA COMPLEJO

Uno de los paradigmas desarrollados en los últimos años, para auxiliar en la definición del objeto de estudio, es el de los sistemas complejos. A través de él, una porción de la realidad en estudio se conceptualiza como un *sistema complejo*, en tanto que el resto de la realidad que influye o es influida por el sistema se define como el *entorno* o ambiente del sistema. A partir de categorías de las Ciencias de la Complejidad se desarrolla, entonces, un proceso de interpretación de la dinámica del sistema complejo en el que porciones de éste se van estructurando funcionalmente en un modelo explicativo de su comportamiento.

Un sistema complejo es aquél compuesto en forma jerárquica por subsistemas interrelacionados, cada uno de los cuales contiene, a su vez, sus propios subsistemas y así sucesivamente, hasta llegar a ciertos componentes elementales básicos del sistema complejo que dependen del problema que se pretende resolver. En cada uno de sus niveles, el sistema presenta interacciones y retroalimentaciones entre sus elementos que son de carácter no lineal y dinámico. En virtud de estas interrelaciones, emergen en el nivel superior propiedades que no presentan ninguno de sus componentes de nivel

inferior. Por ejemplo, el cuerpo humano vivo está compuesto en forma jerárquica por diferentes sistemas y aparatos, cada uno de los cuales se compone de órganos, entre los cuales existen interrelaciones y retroalimentaciones de carácter no lineal y dinámico que originan en el nivel inmediato superior propiedades emergentes que no presentan ninguno de los integrantes. Así, el aparato digestivo, como sistema, puede procesar un alimento, descomponiéndolo en sus elementos constitutivos y absorbiéndolos en la sangre, sin que ninguno de sus órganos aislados pueda hacerlo.

El estudio de un sistema complejo implica entonces introducir las nociones de totalidad, jerarquía, auto-organización y emergencia, y analizar los fenómenos que se dan en él como derivados de propiedades que surgen en la totalidad pero que no son manifiestas en las partes (Mitchell, 2009).

Un sistema educativo es un Sistema Adaptativo Complejo (SAC) de carácter social, conformado por agentes humanos como integrantes básicos, que se interrelacionan mediante la comunicación, y desempeñan diferentes funciones en una estructura apropiada de división del trabajo, para cumplir con la misión y los objetivos que tienen tanto el sistema educativo total como cada uno de sus integrantes.

Un sistema educativo tiene propiedades, cuyos valores dependen de su historia y definen su estado presente. Estas propiedades constituyen sus *variables de estado* y resultan del proceso de interacción entre los integrantes del sistema, llamado *composición sistémica*.

Un sistema educativo es un *sistema abierto*, porque requiere y se encuentra en activa interacción con un entorno complejo constituido por el medio natural, la infraestructura artificial y el medio social en el que actúa. En este proceso de interacción, el sistema educativo va cambiando de estado con el tiempo y los estados que adopta son producto de dos factores:

- a) La *dinámica interna* propia del sistema educativo que, conforme el tiempo avanza, transforma el estado presente en un estado diferente.

- b) La *intervención de acciones y eventos exógenos*, que provienen de su entorno, alterando de manera previsible o imprevisible el estado del sistema educativo.

La dinámica interna del sistema educativo no surge espontáneamente en el presente, sino que es siempre el resultado de un proceso histórico. Por consiguiente, en el análisis de tal dinámica debe contemplarse siempre *la evolución* del sistema.

En los sistemas complejos que comprenden integrantes teleológicos que persiguen objetivos propios, como sucede en un sistema educativo, no basta aplicar un enfoque causal, sino complementariamente un enfoque teleológico.

En efecto, para el análisis del sistema educativo, se debe tomar un punto de vista teleológico o intencional (Ackoff y Emery, 1972) para considerar tanto la influencia de *mecanismos causales* como de *mecanismos teleológicos* y anticipatorios en el comportamiento del sistema y de sus integrantes, lo cual permite considerarlo *motivado por sus objetivos* y, al mismo tiempo, *visualizarlo con un enfoque causal, considerando los factores históricos y estructurales* que han llevado al sistema hasta su situación actual.

Por todo lo anterior, la dinámica interna del sistema educativo se manifiesta en toda su complejidad, cuando se trata de analizarlo para identificar las causas y las motivaciones que lo han conducido a presentar una discrepancia entre su estado actual y su estado deseable. Este proceso de análisis e identificación de las causas y motivos de tal discrepancia es el *diagnóstico sistémico*. En este análisis no pueden ignorarse las interacciones entre diferentes niveles jerárquicos, ni dichas interacciones pueden aislarse, descontextualizándolas de su entorno natural, artificial y social, sino que tanto las interacciones como los diferentes aspectos del entorno forman parte inseparable de esa dinámica. Esto convierte al proceso de diagnóstico en un proceso complejo en el que generalmente deben intervenir varias áreas del conocimiento en forma transdisciplinaria.

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA COMPLEJA DE UN SISTEMA EDUCATIVO

El *análisis de la dinámica* de un sistema educativo tiene por objeto *analizar la evolución temporal del sistema a partir de un tiempo inicial*, con el fin de conocer los determinantes de esta evolución temporal.

Al analizar la organización desde el punto de vista dinámico, el primer paso es definir sus variables, que son de tres tipos (Lara-Rosano, 1990):

1. *Variables de estado* del sistema, cuyos valores determinan su estado interno en un instante cualquiera y en el cual va comprendida la historia del propio sistema.
2. *Variables de entrada* del sistema educativo que son de dos tipos: los insumos y los parámetros exógenos:
 - a) Los *insumos* constituyen las diferentes especies de materia, energía o información que recibe el sistema de su suprasistema o de su entorno para procesarlas y obtener las salidas, productos o resultados que entrega a dicho entorno.
 - b) Los *parámetros exógenos* son aquellas variables que provienen del entorno de la organización o de su suprasistema pero que, a diferencia de los insumos, no constituyen la materia sobre la que actúa el sistema, sino que son factores que afectan en forma positiva o negativa el funcionamiento de este mismo.

Existen dos tipos de parámetros exógenos: los *parámetros exógenos de control* y los *parámetros exógenos contingentes*. Los parámetros exógenos de control son aquellos susceptibles de ser manipulados directamente de manera intencional, con el fin de llevar al sistema a un estado predeterminado. Estos parámetros implican siempre una teleología. Por ejemplo, el presupuesto asignado. Los parámetros exógenos contingentes son aquellos que provienen del entorno y

que pueden afectar la función o estructura del sistema educativo de manera imprevista, por ejemplo, una crisis presupuestal.

3. *Variables de respuesta* del sistema educativo, que, generadas en el sistema, son proyectadas al entorno como *productos o servicios* y son resultado de la acción de las variables de control sobre el sistema y dependen del estado de éste. Las variables de respuesta se llaman también *variables de salida* y tienen como característica fundamental la de ser observables y servir de base a la evaluación del desempeño del sistema educativo.

La definición de las variables significativas de entrada, de estado y de respuesta en un sistema dado es una de las fases críticas de su estudio, porque de ella depende, en gran medida, el éxito de las siguientes etapas, así como su utilidad y confiabilidad.

Las variables de estado del sistema educativo definen un espacio multidimensional que es el *espacio de estados* o espacio de fase del sistema (Boccaro, 2004). En todo problema práctico, estas variables de estado o ciertas funciones de éstas se ven restringidas a tomar valores dentro de cierto rango, definiendo un espacio de estados factibles. La determinación de estas restricciones involucra un estudio cuidadoso del sistema y de sus interacciones con su medio.

La determinación del espacio de estados factibles del sistema educativo es esencial porque define los límites y alcances de las soluciones factibles y, por tanto, las estrategias y heurísticas más apropiadas para la búsqueda eficiente de soluciones operativas a los problemas planteados. Asimismo, permite identificar restricciones críticas sobre las que se podría actuar para modificarlas y así ampliar las posibilidades de solución de problemas del sistema.

Un sistema puede encontrarse en estado regular o caótico, dependiendo del comportamiento de grupos de trayectorias posibles. Un sistema está en *estado regular* si trayectorias cercanas en un momento inicial permanecerían cercanas a medida que evolucionan. Un sistema se halla en *estado caótico* si trayectorias inicialmente

cercanas en un momento inicial se separan con el tiempo a una tasa exponencial, sin que intervengan factores externos. Esta divergencia exponencial vuelve a los procesos caóticos impredecibles a la larga, porque al amplificar pequeños errores en las condiciones iniciales resulta imposible predecir en el largo plazo el estado que va a tener el sistema. Por ejemplo, el clima es un proceso caótico porque, si bien puede predecirse su estado en el corto plazo en las próximas horas o días, en el largo plazo resulta totalmente impredecible.

Si las trayectorias de un sistema que provienen de diferentes estados iniciales convergen a una región limitada del espacio de estados, ésta se llama un *atractor* y los estados iniciales de las trayectorias convergentes forman la *cuenca de atracción*. Por ejemplo, inscribirse en una universidad puede ser un atractor para los alumnos de secundaria.

Los sistemas que llegan a un atractor permanecen en él, a menos que intervengan fluctuaciones del entorno. Un sistema dinámico puede tener dos o más atractores, cuyas cuencas de atracción están separadas entre sí por fronteras llamadas *separatrices*.

La identificación de atractores se hace con base en un análisis de las etapas pasadas del sistema en las que gozó de estabilidad, sin cambios notables por parte del entorno, e identificando los valores de las variables de estado en esas circunstancias. Las regiones del espacio de estados cubiertas por estos valores de las variables de estado constituyen los atractores de la organización.

Las *bifurcaciones* son puntos en el tiempo donde hay una gran inestabilidad y varias alternativas de desenvolvimiento del sistema, por ejemplo, la conversión de un tecnológico en una universidad. El camino a tomar depende de decisiones en el seno del sistema, incluyendo no actuar. La detección de bifurcaciones en el pasado del sistema permite identificar situaciones en el pasado, donde las oportunidades y amenazas del entorno tuvieron un papel definitivo en la toma de decisiones, el comportamiento y la estructura del sistema y permite estar alerta en futuras bifurcaciones, para manejar óptimamente la dinámica del sistema.

Las *regiones de caos* son aquellas en las que el comportamiento del sistema es totalmente irregular e impredecible, y existe una gran incertidumbre en los estados que en el futuro asuma la organización, por ejemplo, una huelga prolongada. El caos se refiere a los sistemas o a algunas variables de ellos y no a sus integrantes. Las regiones de caos se pueden identificar en los registros y la historia del sistema, y permiten detectar aquellas etapas de turbulencia y cambios por las que tuvo que pasar el sistema en su proceso de nacimiento y consolidación. El caos, sin embargo, no es algo necesariamente negativo, puesto que lo impredecible, lo diverso, lo variado crea la novedad, y la novedad es la autora de un nuevo orden, al dar soluciones nuevas a viejos problemas complejos (Kauffman, 1993).

Los atractores en los cuales los sistemas dinámicos se comportan caóticamente se llaman *atractores extraños* (Ruelle y Takens, 1971). En una organización un atractor extraño puede contener dos o más regiones de equilibrio relativo alrededor de valores definidos. En estos casos, las trayectorias en el espacio de estados se ven atraídas a estas regiones de equilibrio, orbitando a su alrededor pero sin caer en sus centros, sino escapándose sucesivamente hacia las cuencas de las restantes regiones de equilibrio, en una forma irregular y no repetitiva. Un ejemplo de dos o más atractores extraños en un sistema educativo sería la distribución del poder en diversos sectores del sistema, donde el poder gira alrededor de un sector durante cierto tiempo, para después desplazarse hacia otro sector. El tener atractores extraños es una propiedad emergente de la complejidad caótica. Los atractores extraños se detectan, igualmente, a partir de la historia y registros del sistema.

Un sistema al borde del caos es más estable, predecible y controlable que uno caótico. El balance entre orden y caos le permite al sistema la habilidad para evolucionar de manera innovadora. La planeación participativa del enfoque de los sistemas suaves (Checkland y Poulter, 2006) sería un procedimiento al borde del caos que permite al sistema cambiar, pero de una manera ordenada y

auto-organizarse sin intervención externa. Por lo tanto, este esquema de *planeación participativa de un sistema*, al estar al borde del caos, con sus trayectorias impredecibles es fuente de diversidad, variedad y creatividad en la dinámica humana y social. Así, lo impredecible, lo diverso, lo variado crea la novedad y la novedad es la autora de un nuevo orden, al dar soluciones nuevas a viejos problemas complejos. En cambio, en una organización regular su funcionamiento es predecible, puesto que no se aparta de lo establecido, y siempre da las mismas soluciones, funcionen o no, afectando su adaptabilidad frente a cambios en el entorno.

La estabilidad al borde del caos no es equilibrio ni falta de cambio: es una deriva hacia el cambio que traiga una mayor aptitud al sistema para cumplir con sus objetivos. En efecto, los sistemas adaptativos complejos navegan entre estados moderadamente inestructurados de cambios lentos. Estas transformaciones proveen condiciones para la supervivencia del SAC y la conexión con el pasado requerida para el aprendizaje, el análisis y la reproducción. Esta navegación permite movimientos aleatorios para estimular la creatividad y la innovación.

Las regiones de estados al borde del caos en un sistema se detectan también por el análisis de su historia y sus registros.

La *potencialidad* de un sistema educativo se puede definir como *su nivel de aptitud* para alcanzar nuevas funciones y objetivos, enfrentando exitosamente las fluctuaciones del entorno.

La *aptitud* en un entorno dado es la probabilidad de éxito de un sistema para sobrevivir y cumplir sus metas en ese entorno dado. La aptitud depende entonces, tanto del estado del sistema como del estado de cada uno de los sistemas del entorno con los que interactúa.

Para cada estado del entorno, se puede definir entonces una aptitud como una función de densidad de probabilidad de éxito, función que recibe también el nombre de *paisaje de aptitud*, porque en el nivel de un espacio de estados de dos dimensiones, tendría una forma más o menos rugosa, como la superficie terrestre, con picos que significan una mayor aptitud y unas depresiones que significan

una menor aptitud, conforme a los valores de las variables de estado en un entorno dado (figura 1).

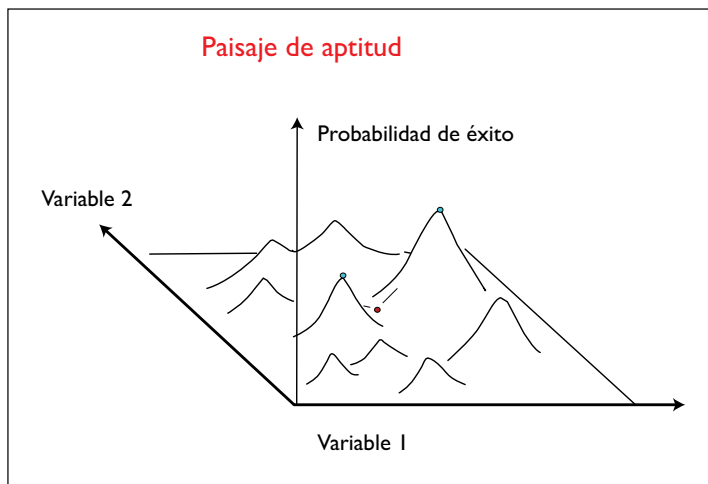


Figura 1. Paisaje de aptitud.

La rugosidad del paisaje de aptitud depende del número de integrantes de un sistema y de su grado de interacción. Si el entorno fuera estacionario, la organización tendría un solo paisaje de aptitud, el problema de estimar los puntos de mayor aptitud se definiría una sola vez y el problema de gestión del sistema se reduciría a llevarlo hacia estados de aptitud máxima. Sin embargo, en un entorno cambiante, existen tantos paisajes de aptitud como estados del entorno, con lo que el problema de la gestión del sistema para maximizar su aptitud se vuelve un problema complejo.

Por otro lado, los picos en un paisaje de aptitud no sólo varían en altura, sino en agudeza, lo que en probabilidad se llama *curtosis* (Marion, 1995). Algunos de ellos son tan puntiagudos que, si el sistema está en uno de ellos, el menor cambio en su estado lleva a un cambio considerable en la aptitud del sistema, lo que puede redundar en su transformación en un sistema inepto, en el mismo entorno.

En otros casos, cuando el paisaje de aptitud es suave y tendido, puede haber cambios considerables en las variables de estado del sistema, sin que se altere mucho su aptitud: la organización es *robusta* o *resiliente* en esa región de estados.

La potencialidad de un sistema educativo está relacionada con los obstáculos, las fortalezas y las debilidades.

Los *obstáculos* son *situaciones que dificultan el cumplimiento de las metas* y afectan, por lo tanto, la potencialidad del sistema y pueden ser internos —que son debilidades que tienen su génesis en el interior del sistema— y externos, que se originan en el entorno.

Hay tres tipos de obstáculos internos: *a)* la falta de congruencia entre normas y prácticas, *b)* los conflictos entre los objetivos del sistema o de sus integrantes, y *c)* los “cuellos de botella”.

a) La falta de congruencia entre normas y prácticas se refiere a las discrepancias entre lo que el sistema proclama como sus normas, objetivos y valores y lo que el sistema realmente practica a la luz de la evidencia empírica. Por ejemplo, hay regímenes políticos que se llaman a sí mismos democráticos, postulando que persiguen el gobierno del y para el pueblo, cuando en realidad el poder político está en manos de un individuo o camarilla, que todo lo decide a su arbitrio.

b) Otro tipo de obstáculos internos son los *conflictos* entre los objetivos del sistema o de sus integrantes.

Los conflictos son desgastantes para un sistema, en el sentido de que consumen atención, energía y recursos que deberían estar empleándose en cumplir con los fines propios del sistema.

c) Los “cuellos de botella” se definen como aquellas características que disminuyen la capacidad de comunicación, de procesamiento de información o de implantación de soluciones a problemas del sistema y que, en consecuencia, limitan el desempeño de éste.

Las *fortalezas* son las cualidades del sistema educativo o de sus elementos que en el pasado le han permitido desempeñarse con un alto nivel de aptitud y alcanzar sus metas, y constituyen la fuente de sus ventajas comparativas en relación con otros sistemas similares y los principales determinantes de sus éxitos. Por ejemplo, una fortaleza en un sistema educativo puede consistir en sus recursos humanos bien preparados.

Las *debilidades* son los elementos y las características estructurales y funcionales del sistema que pueden impedirle cumplir con sus funciones y objetivos y por tanto, disminuyen el nivel de aptitud del sistema.

SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEJOS

Los sistemas educativos son sistemas interactivos, dinámicos, no lineales y provistos de un sentido teleológico, capaces de adaptación, aprendizaje e innovación, con una tendencia a estructurarse en redes complejas. Por lo tanto, deben conceptualizarse como *sistemas adaptativos complejos* (SAC), un concepto que emerge de la Teoría General de Sistemas, la Cibernética y la Ciencia de la Complejidad.

Como sistemas teleológicos o intencionales, los sistemas educativos no pueden ser definidos simplemente por relaciones de *entrada-salida* como los sistemas deterministas, sino de acuerdo con los objetivos que tienen los sistemas mismos y sus componentes.

Las fuentes de la complejidad en las Ciencias Sociales y Humanas no son sólo los elementos causales que podemos encontrar en el mundo físico y también en el mundo humano y social, sino los “numerosos bucles de retroalimentación positiva y negativa” (Buckley, 1968), y “un comportamiento teleológico activo de elementos dinámicos que no puede ser explicado por la causalidad común” (Rosenblueth, Wiener y Bigelow, 1943).

Los sistemas adaptativos complejos son efectores complejos organizados y auto-regulados para sustraerse a sí mismos o a uno de

sus efectos, dentro de ciertos límites, a la contingencia, al aumento de la entropía o a ambas. Por ejemplo, un ser vivo, un sistema ecológico, un grupo social, un sistema educativo, etcétera.

Un SAC consta de numerosos componentes diversos y autónomos (llamados *agentes*) que son interdependientes, están acoplados selectivamente por auto-organización a través de numerosas interconexiones, son homeostáticos y se comportan como un todo unificado al aprender de la experiencia y se ajustan adaptándose a los cambios en el entorno; pueden aprender de la experiencia, construyendo atractores a partir de su memoria para facilitar sus respuestas ante el entorno. Un agente en un sistema biológico es una célula; en un sistema económico es un comprador o vendedor; en un sistema cultural es un meme; en un sistema organizacional es un individuo.

Los agentes son unidades semiautónomas que buscan maximizar alguna medida de su aptitud, evolucionando en el tiempo. Los agentes exploran su entorno mediante sensores y esquemas de percepción y desarrollan, mediante un procesador, esquemas de acción homeostática, que integran tanto reglas de interpretación del entorno como reglas de acción (Dooley, 1997). Estos esquemas homeostáticos pueden ser difusos, debido a la falta de información y a que dependen del observador e incluso pueden ser contradictorios.

Los SAC tienen un sistema procesador de control difuso (distribuido) no centralizado y, a diferencia de los sistemas mecánicos, su comportamiento depende de la información que recibe de su entorno, la cual utiliza para sobrevivir y prosperar en entornos cambiantes. En el mundo inanimado existen muchos fenómenos que afectan a los sistemas humanos y sociales que se comportan como SAC, tales como la moda, la delincuencia organizada, los partidos políticos, las bolsas de valores, los embotellamientos de tráfico, o los sistemas educativos.

El medio ambiente o entorno de un SAC envía, así, *distintos tipos de señales*, tales como *sonidos*, *luz* producida o reflejada, *presiones mecánicas*, emanaciones de sustancias químicas, etc., que, cuando

pueden ser detectadas y analizadas por los *receptores* y los *esquemas de interpretación* de un SAC, pueden proporcionarle *información sobre el entorno* del que provienen las señales, por ejemplo, dimensiones espaciales, formas, colores, composición, etcétera, de manera que, ante una contingencia o un cambio provocado por el entorno, pueda responder en la forma más adecuada, mediante esquemas de acción homeostática, sin perder su aptitud. Esta información es esencial para la interacción apropiada con el entorno y la generación de una respuesta homeostática.

Así, cuando un sistema es un SAC, tiene la capacidad de detectar y analizar las señales que le llegan del entorno para extraer información sobre éste, se forma imágenes del mundo y de sí mismo y, de acuerdo con ellas, por medio de esquemas de acción homeostática, puede determinar lo que debe hacer para cumplir con sus fines, frente a la situación propia y del entorno que ha detectado (Lara-Rosano, 2016a).

Las funciones sistémicas adaptativas complejas son entonces: el *sensado* y los *esquemas de percepción e interpretación* de las señales del entorno; el *procesamiento de los esquemas de acción homeostática* y las *acciones de respuesta homeostática* (Lara-Rosano, 2002).

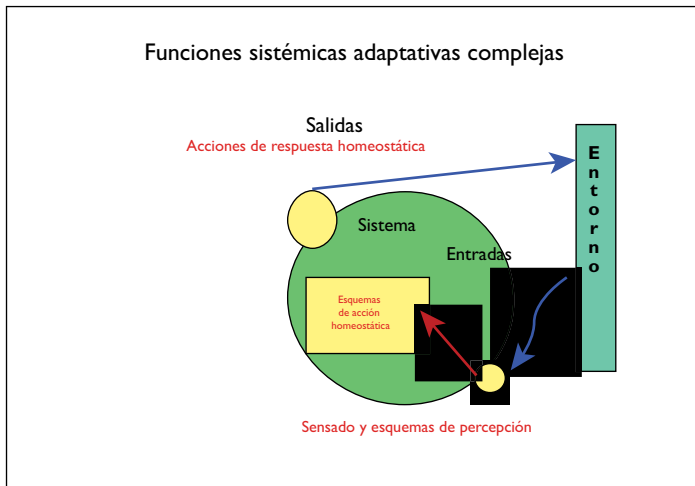


Figura 2. Funciones sistémicas adaptativas complejas.

INTERVENCIÓN EN INSTITUCIONES DISFUNCIONALES PARA RESOLVER PROBLEMAS SOCIALES

En general, todo problema complejo social como los problemas de salud, de educación, de pobreza, etc., se han tratado de resolver en el pasado creando ministerios, secretarías de Estado, instituciones, sistemas educativos, entre otros, es decir, organizaciones que han tenido la función aparente de resolver esos problemas sin poder hacerlo, porque los diversos gobiernos nunca han sabido diseñarlas, hacerlas funcionales, darles la estructura de un sistema dinámico, adaptativo complejo ni operarlas con eficiencia ni transparencia.

Por ello, en la mayoría de problemas educativos complejos se hace necesario, antes de intervenir en sistemas educativos disfuncionales, revisar la historia de la trayectoria de esas instituciones disfuncionales que fracasaron, para hacer explícitas las razones políticas, técnicas, económicas, sociales, burocráticas y de corrupción que provocaron su fracaso y que debían tenerse en cuenta en un nuevo diseño sistémico.

Para ello se hace necesario realizar el análisis de la dinámica de la vieja organización y su evolución temporal *a partir de un tiempo inicial*, con el fin de conocer los determinantes de esta evolución temporal.

Este análisis de un sistema educativo disfuncional es un *proceso de investigación-acción*, donde miembros de éste e investigadores participan con sus percepciones y actividades organizacionales en el desarrollo de soluciones a los problemas, a través de un proceso de *aprendizaje social*. Para comenzar con él, los responsables de la gestión de la organización deben tener una percepción subjetiva del contexto y del problema. Deben reconocer que no se trata de una situación de rutina y que es necesario un nuevo enfoque que revele todas las oportunidades posibles, pero que no se sabe cómo cambiar o cuáles son los costos, riesgos y beneficios del cambio (Beaument y Broenner, 2011).

El diagnóstico de la organización indica su estado actual y las discrepancias entre éste y sus objetivos, así como las causas y motivaciones de estas discrepancias. En este diagnóstico deben quedar plasmados los obstáculos, debilidades y amenazas que sufre la organización para aproximarse a sus objetivos, así como las fortalezas, las potencialidades y oportunidades que conjunta, incluyendo sus atractores con sus cuencas de atracción, sus bifurcaciones, sus estados caóticos, sus atractores extraños, sus situaciones al borde del caos, sus transformaciones emergentes y sus procesos o intentos de auto-organización y poder estimar sus posibilidades de comportamiento futuro, considerando la posibilidad de estabilidad al borde del caos como organización adaptativa compleja y diversos escenarios de su entorno.

Por medio de una “tormenta de ideas” el equipo investigador, en conjunto con los usuarios, aportan opiniones sobre las propiedades que debe tener el sistema para mejorar su situación (Beautement y Broenner, 2011):

- ¿Cómo sería un sistema deseable?
- ¿Dónde radican los problemas?
- ¿Qué medidas se pueden tomar?
- ¿Qué consecuencias tendrían esas medidas?
- ¿Quién está en contra y por qué?
- ¿Qué debe cambiarse?
- ¿Qué debe conservarse?

El diagnóstico es, dada su naturaleza explicativa, un elemento imprescindible en cualquier intento de mejorar la dinámica de la organización.

Independientemente del diagnóstico específico de la organización que investiga su estructura, sus funciones, su estado, su entorno, su potencialidad y su dinámica, conviene comparar la organización en estudio con otras organizaciones similares, con el fin de evaluar su desempeño.

A este proceso de diagnóstico comparativo se le llama *benchmarking* y para poder efectuarlo hay que adoptar un marco de evaluación común, integrado por categorías de análisis comunes e indicadores observables y medibles.

Además, se tienen que identificar *las restricciones y los recursos que hay que aportar por parte de la comunidad*, incluyendo trabajo comunitario, fuentes de recursos financieros, ubicación de fuerza de trabajo e identificación de tecnologías alternativas y *una jerarquía de problemas a ser resueltos en el proceso de desarrollo*, para calendarizar las acciones a tomar. Asimismo, hay que evaluar la *factibilidad* de las acciones: *acciones alcanzables colectivamente, acciones alcanzables individualmente, acciones institucionales y acciones reguladas por la cultura*. Finalmente, diseñar la intervención: preparación de la intervención dependiendo del contexto, dando forma y adaptando las prácticas sociales actuales.

METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN UN SISTEMA EDUCATIVO

Para intervenir en un sistema educativo es necesario establecer una teleología orientadora, mediante la definición de un escenario deseado por el sistema educativo, a través de un enfoque prospectivo participativo, para la definición de objetivos de corto, mediano y largo plazo. Esta actividad demanda talleres participativos.

Como resultado se produce un documento por la comunidad del sistema educativo para guiar la planeación de su desarrollo.

Una vez definidos los objetivos, hay que asignarles sus prioridades, porque en general, los objetivos tienen prioridades diferentes. Éstas definen la jerarquía de problemas a ser resueltos en el proceso de desarrollo, para calendarizar las acciones a tomar. Para ello hay que tener en cuenta los componentes intencionales del sistema educativo que tienen objetivos propios. Estos objetivos propios no tienen la misma prioridad e incluso pueden ser mutuamente

contrapuestos, por lo que una tarea indispensable es no sólo identificar los objetivos, sino estimar la prioridad de éstos para los integrantes y si existen conflictos entre ellos.

Se distinguen dos tipos de objetivos:

- 1) Los objetivos propios, que son los propósitos que se fija a sí mismo cada integrante intencional. La definición de objetivos propios indica una cierta autonomía del integrante, ya que dichos objetivos son un reflejo de sus propios intereses.
- 2) Las funciones, que son los propósitos que un suprasistema impone a sus sistemas componentes, con el fin de que colaboren con él para que el suprasistema cumpla con sus propios objetivos. Las funciones son definidas por el suprasistema y asumidas por el sistema componente, lo que implica una dependencia normativa o heteronomía.

Los integrantes intencionales deben entonces definirse, tanto en términos de objetivos propios como de funciones (Gelman y Negroe, 1982), especificando:

- Los objetivos propios del integrante.
- Las funciones o papeles que desempeña el integrante dado en su suprasistema.
- Las relaciones que establece el integrante con otros integrantes de su mismo nivel que son parte del mismo suprasistema.
- Las funciones que desempeñan en el elemento cada uno de sus subsistemas que lo componen.
- Las relaciones de colaboración, conflicto y explotación que se establecen entre los diferentes integrantes teleológicos a todos los niveles.

Una vez definidos los objetivos y sus prioridades, es necesario identificar los recursos apropiados para resolver los problemas, incluyendo actividades ejecutivas y operativas, fuentes de información, recursos financieros e identificación de tecnologías de información y comunicación alternativas.

El siguiente paso es programar la implantación y el seguimiento de las acciones concretas para resolver los problemas definidos. Para ello, hay que evaluar las estrategias frente a un espacio de posibilidades, de tal manera que las intenciones puedan ser modificadas y las prácticas sociales puedan adaptarse. ¿Qué podría pasar? ¿Son válidas las estrategias?

A continuación, hay que preparar la intervención, dando forma y adaptando las prácticas sociales; juzgar si determinadas conductas o intervenciones se adaptan a la situación. ¿Hay que cambiar?

Finalmente, habrá que elaborar opciones adecuadas para llevar a cabo la intervención, dado el contexto dinámico. Es necesario hacer un balance de lo que es deseable contra lo que es posible, y establecer una lista de opciones que podrían ser adecuadas en determinadas circunstancias. El subsistema de gestión debe desarrollar una serie de talentos ejecutivos, tales como: flexibilidad ejecutiva, capacidad de relaciones multiescala, capacidad de organización de grupos, ser adaptable a diferentes contextos, tener una actitud participativa, ser generador de transparencia y confianza, tener un enfoque transdisciplinario e integrativo y ser impulsor de la evaluación.

Hay que detectar los factores que son los impulsores del cambio y ajustar el grado de adecuación de las capacidades al contexto, para corresponder a la naturaleza de los desajustes y tensiones de cambio.

¿Son opciones relevantes para el contexto? Es necesario ampliar o disminuir actividades a medida que la dinámica del contexto cambia, por lo se tiene que utilizar un enfoque adaptativo independiente de la escala y del tipo de contexto.

Para el seguimiento periódico de las estrategias es necesario evaluar sus efectos directos, conceptualizando el sistema educativo como un sistema complejo en interacción con su entorno. Cada organización tiene propiedades que la describen en el marco de un problema. Estas propiedades pueden referirse a la organización misma o al tipo de interrelaciones que establece con otros sistemas

del entorno. Estas propiedades, que pueden ser emergentes, constituyen las *variables de estado* que se expresan como un atributo cualitativo al que se le asocia un valor que puede cambiar. Por lo anterior, el análisis de la dinámica de un sistema se basa en el comportamiento de sus variables de estado.

Una vez identificadas las variables de estado relevantes, la evaluación de la dinámica organizacional compleja tiene tres fases:

- a) La determinación de los valores iniciales de las variables de estado relevantes al problema, antes de comenzar la intervención.
- b) La definición de los valores futuros deseables de las variables de estado al finalizar el proceso de cambio.
- c) La medición de los valores reales de dichas variables en el momento presente en que se hace la evaluación, para valorar los cambios alcanzados hasta el presente respecto a los objetivos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN COMO SISTEMA COMPLEJO ADAPTATIVO

Una vez definidos los objetivos y los efectos emergentes del sistema, habrá que diseñar y construir un sistema social adaptativo complejo que genere las soluciones pertinentes y las adapte dinámicamente reforzando su nivel de aptitud, para que pueda afrontar tanto los efectos de la ley de la entropía creciente, como los de las contingencias del entorno y pueda sobrevivir y cumplir con sus funciones. Así, para minimizar los efectos de la entropía creciente, hay que generar mecanismos de eliminación de desechos degradados, de auto-catálisis para la producción de nuevos y mejorados elementos funcionales que reemplacen los elementos desgastados y obsoletos, así como crear mecanismos de auto-organización para elevar la aptitud contra los procesos y estructuras disipativos y para la absorción de entropía negativa del entorno.

Por otro lado, para enfrentar las contingencias del entorno hay que generar esquemas de acción homeostática y construir atractores en las regiones del espacio de estados que correspondan al dominio de los objetivos prioritarios perseguidos. Así, este diseño y su implementación deberá cumplir con los siguientes principios (Lara-Rosano, 2016).

Primer principio. Interacción diversificada auto-organizante. En la solución deben participar los diversos involucrados en el problema, aportando sus propios puntos de vista en una rica interconexión, para tener la capacidad inherente de producir patrones coherentes espontáneos auto-organizados, sin ningún plan o programa centralizado.

Segundo principio. Diagnóstico participativo de la realidad. Para definir el problema debe conocerse la situación actual, haciendo interactivamente un diagnóstico de esta misma.

Tercer principio. Definición participativa de lo deseable. Para completar la definición del problema debe definirse interactivamente una situación deseable a la que se quiere llegar.

Cuarto principio. Planeación auto-organizada de acciones. Los involucrados deben proponer interactivamente en forma guiada medios y acciones para cambiar lo real, acercándolo a lo deseado, definiendo los recursos necesarios, las estrategias de cambio, los responsables y los tiempos.

Quinto principio: Implantación de acciones y seguimiento auto-organizado.

Este sistema dinámico adaptativo complejo de índole artificial, diseñado, construido y operado por el hombre, tendrá la estructura de una organización, cuya función esencial es mantener activa y adaptativa la solución del problema social complejo.

La solución de un problema social complejo requiere la intervención de cuatro tipos de agentes:

1. El *usuario*, que es el sujeto individual o social que tiene el problema y percibe la discrepancia entre una situación real y su deseo.

2. Los *terceros involucrados*, que están en la situación del problema y pueden ser afectados por su solución, a través del cambio de la situación problemática o del usuario.
3. El *decisor*, que está en la situación del problema y tiene la facultad, el poder y los recursos para tomar decisiones que cambian la situación de éste.
4. El *asesor*, que es el equipo de investigación, está en la situación del problema, lo identifica y sugiere alternativas de cambio de la situación o del usuario para resolverlo.

En consecuencia, la solución de problemas sociales complejos implica la elaboración de un análisis sistémico adecuado, de acuerdo con el problema específico que se intenta resolver.

La solución de un problema social requiere tres fases:

1. Definición del usuario, del sistema, de su entorno, de los enfoques de las Ciencias de la Complejidad aplicables y construcción del modelo conceptual y computacional del problema. Es imprescindible identificar primeramente al sujeto que tiene el problema –que puede ser un individuo, un colectivo, un sistema social, etc.– porque en función del sujeto es que se define el problema como discrepancia entre una realidad y lo que el sujeto desearía tener como realidad específica. También hay que identificar las disciplinas de conocimiento que tienen que ver con el problema, para constituir el equipo transdisciplinario de investigación. A continuación, hay que definir el sistema, que es la fracción de una realidad compleja donde se origina el problema, así como el entorno constituido por porciones de la realidad que influyen en el sistema, o bien, que son influidas por él. En tales consideraciones hay que tomar en cuenta que el problema a resolver es el que dicta tanto las dimensiones a tomar en cuenta en el sistema, como en el entorno. Sobre esta base se definen las variables que deben considerarse en el análisis sistémico y se emprende el análisis del sistema para construir el modelo conceptual

del problema. Estas actividades deben ser el producto de talleres participativos en los que participe tanto el equipo de investigación como el sujeto que tiene el problema.

2. Diagnóstico del problema y planeación de la solución. Con el auxilio del modelo conceptual y, eventualmente, de un modelo computacional se hace un diagnóstico participativo de la realidad y una definición participativa de lo deseable, para disminuir su discrepancia, integrando al usuario en estos procesos. Sobre este diagnóstico se definen las acciones de cambio deseables y factibles para resolver el problema, que tienen que definirse mediante una interacción guiada diversificada auto-organizante, que integre una planeación auto-organizada de acciones.
3. Implantación y seguimiento de la solución. El proceso de solución debe ser dinámico, construyendo un sistema adaptativo complejo para ser operado por el usuario, mediante un proceso de auto-organización, guiado por el equipo investigador. Este SAC será una organización específica, con la capacidad de enfrentar el contexto complejo de forma apropiada y dinámica, evaluando y adecuando su aptitud frente a la complejidad. Para ello, habrá que definir un estado deseable y construir ahí un atractor, situado en el horizonte de planeación, hacia donde converja el sistema en virtud de su dinámica interna. Para que esto sea factible, se debe encontrar la cuenca de atracción de la solución y llevar al sistema actual hacia esa cuenca mediante acciones de intervención para que, a partir de ahí, la dinámica del sistema lo lleve a la solución. Esto implica conocer el sistema y conocer su contexto.

Con ello, el diseño e implementación de una organización adaptativa que resuelva en forma colectiva y dinámica un problema social complejo, creará y reforzará valores sociales en la comunidad usuaria que estimulará el desarrollo de ésta con más autonomía, sentido

de colaboración, cohesión social, educación, equidad y responsabilidad social.

CONCLUSIONES

Este trabajo explicó los principios para una intervención en un sistema educativo, desde el punto de vista de las Ciencias de la Complejidad, con el fin de mejorar el diseño y la gestión del sistema.

Dentro de la dinámica de la organización, se identifican diversos elementos que definen su complejidad, tales como sus atractores, sus bifurcaciones, sus estados caóticos, sus atractores extraños, sus situaciones al borde del caos y sus procesos o intentos de auto-organización, lo cual puede servir como base para explicar la dinámica del sistema educativo y mejorar sus procesos de gestión.

Conforme a este esquema, se propuso una metodología para evaluar el seguimiento de la dinámica de la organización compleja mediante la definición de variables de estado de la organización. La evaluación de la dinámica de la organización compleja tiene tres fases:

1. La determinación de los valores iniciales de las variables de estado, antes de comenzar la intervención.
2. La definición de los valores futuros deseables de las variables de estado, al finalizar el proceso de cambio.
3. La medición de los valores reales de dichas variables en el momento en que se hace la evaluación, para valorar los cambios alcanzados respecto a los objetivos.

REFERENCIAS

- Ackoff, R. L. y Emery, F. E. (1972). *On Purposeful Systems*. Chicago: Aldine Atherton.
- Beautement, P. y Broenner, C. (2011). *Complexity Demystified: A guide for practitioners*. Devon, RU: Triarchy Press.

- Boccaro, N. (2004). *Modeling Complex Systems*. Berlín: Springer.
- Buckley, W. (1968). *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist: A source-book*. Chicago: Aldine.
- Checkland, P. y Poulter, J. (2006). *Learning for Action: A short definitive account of Soft Systems Methodology and its use for practitioners, teachers and students*. Chichester, RU: John Wiley & Sons.
- Dooley, K. (1996). A Nominal Definition of Complex Adaptive Systems. *The Chaos Network*, 8 (1), pp. 2-3.
- Fernández de Velazco, F. y Lara-Rosano, F. (2016). Intervención de tipo organizacional a través de un proceso de auto-organización guiada, en pro de un cambio educativo en el Conservatorio Nacional de Música de la Ciudad de México. *Proc. Sexta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética CICIC 2016*, Orlando, Florida, pp. 181-185.
- Gelman, O. y Negroe, G. (1982). La planeación como un proceso de conducción. *Revista de la Academia Nacional de Ingeniería. México*, 1 (4), pp. 253-270.
- Kauffman, S. A. (1993). *The Origins of Order*, Oxford: Oxford University Press.
- Lara-Rosano, F. (1977). La técnica TKJ de planeación participativa. *Cuadernos Prospectivos*, A (6), pp. 1-5.
- Lara-Rosano, F. (1990). *Metodología para la planeación de sistemas: un enfoque prospectivo*. México: Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos, UNAM.
- Lara-Rosano, F. (2012). Complejidad en las Organizaciones. En: J. Flores Valdez y G. Martínez Mekler (eds.). *Encuentros con la Complejidad* (pp. 90-115). México: Siglo XXI.
- Lara-Rosano, F. (2016a). Las Ciencias de la Complejidad en la solución de nuestros problemas sociales. *Sistemas, Cibernética e Informática*, 13 (2), pp. 43-50.
- Lara-Rosano, F. (2016b). Bases teórico-metodológicas para el diagnóstico de organizaciones complejas. En: P. E. Balderas Cañas y G. N. Sánchez Guerrero (eds.). *Ingeniería de sistemas: metodologías y técnicas* (pp. 19-38). México: Plaza y Valdés.
- Marion, R. (1995). *The Edge of Organization: Chaos and Complexity Theories of Formal Social Systems*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- McMillan, E. (2008). *Complexity, Management and the Dynamics of Change*. Londres: Routledge.
- Mitchel, M. (2009). *Complexity. A guided tour*. Oxford: Oxford University Press.
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinariedad. Manifiesto*. París: Du Rocher.
- Rosenblueth, A., Wiener, N. y Bigelow, J. (1943). Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science*, 10, pp. 18-24.
- Ruelle, D. y Takens, F. (1971). On the Nature of Turbulence. *Communications Mathematical Physics*, 20, pp. 167-192.

- Stacey, R. D. (2001). *Complex Responsive Processes in Organizations*. Londres: Routledge.
- Velázquez-Guzmán, M. G. y Lara-Rosano, F. (2016). La complejidad de la construcción de la convivencia comunitaria en la escuela: un enfoque hermenéutico. *Proc. Sexta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética CICIC 2016*, Orlando, Florida, pp. 161-165.