

Capítulo 8. AUTO-ORGANIZACION EN SISTEMAS COMPLEJOS*

Louise K. Comfort

EL PROBLEMA: AUTO-ORGANIZACION EN AMBIENTES DINAMICOS

La auto-organización significa la espontánea emergencia del orden en sistemas físicos y naturales (Kauffman, 1993). Este proceso ha sido observado también en las redes de organización comunitaria que surgen después de desastres naturales o tecnológicos (Drabek, 1981; Comfort, 1990). Reconociendo las urgentes necesidades de una comunidad, producidas por el impacto de fenómenos peligrosos como terremotos, huracanes, inundaciones, incendios o fugas de materiales peligrosos, la gente responde voluntariamente con su tiempo, bienes materiales, habilidades y conocimiento para restaurar el orden.

Buscando usar en forma eficiente los recursos disponibles e integrar a las estructuras existentes nuevos recursos para la acción efectiva, las organizaciones cambian a menudo en forma sustancial sus procedimientos de operación y prácticas anteriores frente a las necesidades del desastre. Tal cambio ocurre, en parte, a través de la selección voluntaria entre alternativas para la acción y, en parte, a través del mutuo ajuste del comportamiento entre organizaciones participantes. El orden retorna a la comunidad a través de un proceso creativo de intercambio, aprendizaje, elección y adaptación recíproca entre los varios actores que operan en múltiples niveles de responsabilidad, experiencia y conocimiento.¹

* Este trabajo es una versión modificada de la ponencia presentada en el Seminario Internacional "Sociedad y Prevención de Desastres". COMECSO, UNAM, CONACYT, LA RED. México, febrero de 1994. Traducción de Elizabeth Mansilla e Ignacio Rubio.

El proceso de auto-organización en el contexto de desastres ambientales, los cuales generan interacciones entre las organizaciones y sus medios de operación en sistemas complejos nuevos y envolventes, ofrece importantes formas de aproximación al problema general de iniciación al cambio. Con todo, la extensión, forma y velocidad de auto-organización varía significativamente entre distintos desastres y/o comunidades, y es potencialmente importante para la explicación de procesos de cambio y resistencia en grandes sistemas interdependientes, que a menudo precipitan desastres por la incapacidad de adaptar su comportamiento en forma apropiada o con el tiempo necesario para evitar riesgos conocidos.

En este trabajo, se abordan cinco puntos centrales. Primero, las diferencias entre el proceso de auto-organización en sistemas sociales dinámicos y los esfuerzos regulares o caóticos para instituir el cambio. Segundo, la identificación de los componentes y características del proceso de auto-organización en un tipo específico de entorno dinámico. el manejo de desastres. Tercero, la sistematización preliminar de las condiciones que facilitan o inhiben la emergencia de auto-organización en cambios acelerados y condiciones dinámicas, ilustradas con un caso reciente de manejo de desastres. Cuarto, se presentan las principales características de un sistema prototipo, interactivo e inteligente de información espacial para el manejo de materiales peligrosos que ilustra la capacidad de la tecnología informática para apoyar el surgimiento de la auto-organización en condiciones dinámicas. Finalmente, se ofrecen una serie de recomendaciones para incorporar el proceso de auto-organización a las políticas de reducción de riesgos para comunidades vulnerables.

EL CONCEPTO DE AUTO-ORGANIZACION

La auto-organización representa un reacomodo fundamental de energía y acción al interior de un sistema, con el objetivo de conseguir un mayor número de metas. El fenómeno de auto-organización fue primeramente reconocido como un aspecto importante de los amplios procesos de cambio en sistemas operados por la física y la biología (Ruelle, 1979; Prigogine y Stengers, 1982; Prigogine y Nikolis, 1989; Bak y Chen, 1991; Kauffman, 1993). En física, los investigadores buscaban explicar ciertas aberraciones inesperadas en la operación de sistemas mecánicos, en los cuales fluctuaciones menores en el comportamiento podían acumularse en ciertos puntos, generando, eventualmente, grandes disrupciones en la operación del

sistema. Esos puntos de atracción de energía dentro de la operación del sistema fueron nombrados “atractores extraños” (Ruelle, 1979), indicando que la agrupación no planeada de energía en puntos específicos dentro del sistema era ajena al plan de operación preestablecido y ocurría sin planeación externa. Los “atractores extraños” trasladaban el patrón de flujo de energía, alterando eventualmente la operación de todo el sistema.

Bak y Chen (1991) notaron la recurrencia de este fenómeno en ambientes naturales, presentando su explicación en forma de analogía con una “pila de arena”, en la cual, al agregar un grano más de arena, en un punto indeterminado, toda la pila se reordena sin intervención externa.

Observaciones de cambio en sistemas vivientes llevaron a los biólogos a describir la manifestación de estos procesos en medios “adecuados” (Kauffman, 1993:205), en los cuales la energía que dirige al sistema parece fluir en un continuo que va del orden al caos. En transiciones ordenadas, la energía en forma de unidades del sistema -por ejemplo las proteínas- estaba distribuida en forma relativamente análoga a lo largo del proceso, creando un medio “uniforme” para su función. En transiciones caóticas, la energía se agruparía en ciertos puntos de la operación del sistema, creando “picos” que, en turno, formarían “valles” o zonas de atracción, dando como resultado medios “ásperos” o desiguales (Kauffman, 1993:176). Los “picos” y “valles” acumularían energía al repetirse la operación, afectando seriamente la ejecución del sistema y, pasado cierto umbral, lo arrastrarían hacia un comportamiento turbulento, impredecible o caótico. Este patrón es similar al observado por la física en sistemas dinámicos.

Situar un sistema en operación en el continuo del orden al caos, depende del ajuste de sus procedimientos al “escenario” o condiciones de su entorno. Esta analogía reconoce que los procedimientos operantes de una organización y su entorno forman un sistema distinto, interdependiente en la práctica. El nuevo sistema envolvente incorpora en forma más adecuada los requerimientos de cambio de su entorno y refleja la capacidad de adaptación de sus unidades componentes.

Entender cuándo, cómo y dónde puede ocurrir el cambio en ambientes dinámicos, es el primer desafío para los expertos en desastres con la responsabilidad legal de la reducción del riesgo en sus comunidades. Es poco probable la ocurrencia de cambios creativos durante la acción de un sistema en cualquiera de los extremos del continuo orden-caos (Kauffman, 1993). En el extremo del orden, los sistemas diseñados para el control tienden a paralizarse o auto-destruirse en ambientes de cambio

rápido. Careciendo de flexibilidad, sus reglas precisas de operación no son aplicables durante mucho tiempo o, peor aún, castigan esfuerzos innovadores para encontrar medios más efectivos o funcionales en condiciones alteradas. En el extremo del caos, los sistemas sin estructura suficiente para retener e intercambiar información tienden a desintegrarse en ejecuciones impredecibles bajo condiciones de cambios acelerados. Pequeños cambios en las condiciones de operación, pueden generar grandes interrupciones en el funcionamiento o avalanchas de desorden. (Prigogine y Stengers, 1984; Kauffman, 1993; Waldrop, 1993)

En términos de Kauffman (1993:174, 208-227), es más probable la ocurrencia de cambios creativos en la estrecha región "al borde del caos" que cuenta con la estructura necesaria para que los actores puedan retener e intercambiar información, y con la flexibilidad suficiente para permitir la adaptación mutua de esos actores a los cambios sustantivos en sus ambientes de operación. Esta región permite el desarrollo de "sistemas complejos" (Kauffman, 1993:174) en medios caracterizados por cambios rápidos. En sistemas complejos, son frecuentes pequeños cambios en la operación y poco comunes interrupciones en gran escala. Los sistemas complejos se distinguen por su capacidad de auto-organización, que significa la habilidad para reorientar y reformar sus patrones de operación mediante la mutua adaptación a las necesidades y capacidades cambiantes de sus componentes, así como a las demandas y oportunidades cambiantes del entorno. La característica distintiva de este proceso es que ocurre como resultado de procesos de comunicación, selección y adaptación dentro del sistema mismo y entre el sistema envolvente y su medio; no es impuesta desde el exterior. El resultado es un nuevo y más constructivo orden en la dinámica de respuesta a un entorno cambiante.

LOS COMPONENTES Y CARACTERISTICAS DE LA AUTO-ORGANIZACION

El concepto de auto-organización necesita ser redefinido y reinterpretado para fijar su presencia y funciones en el funcionamiento de sistemas sociales en ambientes altamente cambiantes. Primero, la auto-organización es un proceso continuo que ocurre en contextos sociales, a través de "actos de comunicación" (Luhmann, 1986). Dichos actos son generalmente formas de comunicación verbal, escrita o electrónica, transmitida directamente entre dos o más actores dentro del sistema o entre el sis-

tema y su medio, y pueden también incluir formas de comunicación simbólicas y no-verbales (Feldman y March, 1988) que transmiten poderosos mensajes a través de ejemplos y acción. Los actos comunicativos, directos e indirectos, son los “bloques de construcción” (Luhmann, 1986) del proceso de auto-organización.

La motivación interna que guía este proceso de comunicación es el deseo de auto-expresión creativa (Luhmann, 1986), el cual lleva a los individuos a buscar la más amplia realización de sus capacidades a través de la actividad socialmente organizada (Luhmann, 1986). Este deseo sirve como “punto de referencia” de la actividad individual que vincula a cada miembro con la meta general del sistema. Los individuos se comunican entre ellos intercambiando información referente a problemas específicos, y donde el intercambio permite considerar alternativas de acción para la próxima oportunidad de elección. La elección individual entre las alternativas seleccionadas de acción se basa, aunque sea en parte, en el objetivo general del sistema total y en la extensión que facilita sus búsquedas particulares de auto-expresión.

Segundo, la auto-organización, aunada a la selección, genera la capacidad de adaptación a las condiciones del medio del sistema (Kauffman, 1993:173). La auto-organización reconoce que las elecciones individuales, comunicadas a través de las estructuras organizacionales, afectan la operación de todo el sistema. A este respecto, las selecciones voluntarias permiten a los individuos que operan dentro del sistema, agruparse en torno a los puntos de energía que encuentren más atractivos, creando un “pico” de distribución de energía en repetidas interacciones y agrupando a otros miembros en ese punto, formando una “zona” de atracción.

Tercero, la auto-organización reconoce la influencia o “control” que algunas unidades extienden sobre otras en un sistema interdependiente. Cuando las tareas están interconectadas, una unidad no podrá funcionar apropiadamente sin la disposición de cooperación o apoyo de otra unidad o unidades dentro del sistema. Es interesante que, cuando el número de actores e interacciones entre ellos se incrementa dentro del sistema, éste es capaz sólo de conseguir soluciones pobres o limitadas a problemas compartidos (Kauffman, 1993:51). En este punto, el sistema puede deslizarse hacia el caos o retroceder hacia el orden.

Cuarto, los sistemas de auto-organización son sistemas de procesamiento paralelo masivo (Kauffman, 1993:237), en los cuales los difer-

entes componentes desarrollan simultáneamente funciones distintas con el objeto de lograr el fin deseado. Distintos componentes pueden operar a diferentes velocidades de procesamiento de datos, requieren distintos tipos de información y recursos para la acción y responden a diferentes necesidades y clientela. El sistema se integra a través de responsabilidades compartidas con una meta común que, en turno, fija los límites del sistema.

En síntesis, el proceso de auto-organización representa una importante capacidad de aprendizaje entre los miembros y sub-unidades de un sistema social (Churchman, 1971). Esta capacidad de aprendizaje depende de los canales abiertos de comunicación y de los patrones de retroalimentación dentro del sistema (Argyris, 1982 y 1990; Schon, 1987; Benveniste, 1987) y entre el sistema y su entorno (Luhmann, 1986; Kauffman, 1993). Los sistemas sociales son sistemas abiertos (Scott, 1992), donde existe un flujo continuo de información, acción, energía e intercambio de eventos con el medio. La auto-organización es acción responsable constante en sistemas organizacionales, distinta de la regulación externa (en el extremo del orden del continuo de esfuerzos para efectuar cambios) o de la anarquía (en el extremo del caos).

Si entendemos que la auto-organización es esencialmente un proceso de comunicación colectiva, elección y mutuo ajuste del comportamiento basado en un fin compartido entre los miembros de un sistema dado, podemos comenzar a especificar los componentes y características de tal sistema para desarrollar medidas de auto-organización y monitorear el proceso de respuesta a distintos cambios del entorno, ocurriendo en momentos y lugares distintos bajo diferentes condiciones.

Cuatro medidas parecen caracterizar el proceso de auto-organización, las cuales se basan en la descripción de Kauffman de los sistemas de auto-organización como "sistemas N-K", donde N equivale al número de actores en el sistema, K al número de interacciones entre dichos actores y P, un tercer elemento, representa el "sesgo de elección" entre los mismos o el objetivo que guía la acción de los actores. Estas tres medidas -número de actores, frecuencia de interacciones entre ellos y fin de la acción- nos permiten identificar una cuarta medida, los límites del sistema, operando en respuesta a eventos, tiempos, condiciones y localizaciones específicas del vasto entorno en el que se desarrolla.

Mediante las cuatro características del entorno -evento, tiempo, localización y condiciones de operación- que precipitan la acción del sistema,

podemos identificar medidas que proporcionan información crítica para comprender el proceso de auto-organización. En el contexto de operaciones de desastres, los administradores de desastres pueden usar esta información para evaluar un sistema emergente de organización de respuesta. La información, entonces, facilita el proceso de creación de un nuevo orden fuera de las condiciones alteradas por el desastre y el regreso a las operaciones normales de la comunidad.

La aplicación de estas medidas a un caso dado de operaciones en desastres, sirve esencialmente para definir y orientar las tareas de clasificación e inducción. (Holland et. al., 1989). Asimismo, una vez completado este análisis se crea una base de conocimiento compartida para los participantes en el manejo de desastres que informa sobre el estado del proceso de auto-organización. Este potencial para incrementar la auto-organización puede ser ilustrado más eficazmente en referencia a un caso reciente de operaciones de desastres: el derrame de combustible ocurrido en Pittsburgh el 2 de enero de 1988. La selección de este caso se debe a que se trata de un evento que, sin representar una devastación catastrófica, llevó a la comunidad de Pittsburgh casi hasta el "límite del caos". Esta emergencia moderada nos permite considerar más cuidadosamente las propiedades del concepto y proceso de auto-organización en el manejo de desastres.

Derrame de combustible: Pittsburgh, 2 de enero de 1988.²

Es posible caracterizar el evento, participación, frecuencia de interacción entre actores, finalidad de las operaciones y principales condiciones de operación del derrame en términos de los ocho parámetros que definen un potencial sistema de auto-organización. El espacio no permite un análisis detallado en este trabajo, por tanto el caso será descrito de manera muy breve para ilustrar la aplicabilidad de este método en un sistema complejo emergente de operaciones en desastres.

La crisis comenzó el 2 de enero de 1988 a las 17:10 hrs. cuando un tanque de cuatro millones de galones de diesel se colapsó contra el tanque de almacenamiento de la Ashland Oil Company ubicado en el río Monongahela, 27 millas al sur de Pittsburgh. Se encontraban aproximadamente 3.8 millones de galones de diesel No. 2 en el tanque y la fuerza del choque ocasionó que el combustible se esparciera fuera del área de contención hacia la vecina planta eléctrica de Duquesne. A temperatu-

ra de congelamiento, el combustible diesel No. 2 presentaba poco peligro de fuego. Con cautela, el personal de emergencia comenzó a organizar las operaciones masivas de limpieza, esperando contener el derrame en Ashland y las propiedades adyacentes.

Aproximadamente a las 22:00 hrs., el personal de emergencia, haciendo una revisión de rutina del sitio, descubrió una fuga de gasolina en un tanque cercano. El choque del primer tanque había dañado otro contenedor lleno de gasolina produciendo al menos cuatro fisuras en la estructura del tanque. La fuga de gasolina, que arde a mucho menor temperatura que el diesel No. 2, generó un peligro más urgente. El personal de emergencia centró su atención y recursos en la identificación y reparación de las fisuras, temiendo una explosión que afectaría a los 700 residentes del poblado de Floreffe, localizado justo al otro lado de la autopista sobre la que se encuentra la Ashland Oil Company. Todos los trabajos de limpieza fueron virtualmente detenidos mientras los oficiales locales ordenaban la evacuación de 1,200 residentes de Floreffe y las áreas adyacentes como medida de precaución. Trabajando toda la noche, el personal de emergencia encontró y selló la última fuga de gasolina en la madrugada y se permitió que los evacuados regresaran a sus hogares, fatigados pero a salvo.

Con la primera luz del día, el personal de emergencia descubrió un tercer peligro potencialmente más serio. Durante la noche, el diesel derramado llegó al río Monongahela a través de una alcantarilla no descubierta, localizada en la puerta contigua de la planta Duquesne. El derrame, que los encargados habían esperado contener en tierra, había formado sobre el río Monongahela una mancha de combustible de setenta millas de largo que se extendía de banco a banco. El río es la principal fuente de agua para abastecer a los 850,000 habitantes de la zona metropolitana de Pittsburgh. Ordinariamente, el combustible diesel hubiera flotado sobre la superficie sin poner en peligro las tomas de agua localizadas a 17 pies de profundidad. Sin embargo la rápidas corrientes del Monogahela empujaron el combustible hasta dos diques y el movimiento del río había emulsificado el diesel en el agua cercana a las tomas. El personal de emergencia confrontó la amenaza de que se contaminara la fuente de abastecimiento de agua de los 850,000 residentes del área contra los efectos del cierre de las tomas del líquido que limitaría severamente el abastecimiento a la población, hospitales, escuelas y otros sitios del área. Dado que se agregaba el riesgo de daño permanente de los sistemas de filtración del agua del río, las autoridades responsables cerraron

las tomas, cortando el abastecimiento a muchas municipalidades cercanas. La falta de agua creó una nueva amenaza a la seguridad pública, debido a que los destacamentos de bomberos de la región dependían del líquido para combatir el fuego.

La crisis continuó dos semanas más y las autoridades, con la intervención de múltiples jurisdicciones locales, distritales, estatales y federales, respondiendo a las sucesivas necesidades de los residentes de la zona. Organizaciones privadas y no lucrativas, afectadas directa e indirectamente, también respondieron con formas novedosas de atención a los habitantes de la zona, almacenando agua y alertando a las comunidades río abajo de la aproximación de la mancha de combustible. Afortunadamente, el derrame no cobró ninguna vida, y la innovadora capacidad de las numerosas organizaciones participantes contribuyó sustancialmente a la reducción de la amenaza y al rápido retorno de la comunidad a sus operaciones normales.

¿Se ocuparon de la auto-organización las organizaciones involucradas en el derrame y la emergencia producida?. Si fue así, ¿hasta qué límite?. ¿Puede este proceso ser amplificado?. ¿cómo y en qué momento?. Utilizando la información de un análisis previo, es posible caracterizar las respuestas de las organizaciones a este evento como un sistema N-K.

Al menos 25 tipos distintos de organizaciones -públicas, privadas y no lucrativas- respondieron a los llamados de asistencia. Estas organizaciones incluían agencias públicas como los bomberos voluntarios municipales; grupos de respuesta a materiales peligrosos del condado; y hasta agencias federales como la Guardia Costera y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. El capital privado también respondió, variando, en tamaño, desde la Ashland Oil Company y la USX Corporation hasta los establecimientos de lavado de autos y distribuidores de agua embotellada. Entre las organizaciones sin fines de lucro estuvieron la Universidad de Pittsburgh, el zoológico y los propios hogares afectados, contribuyendo con experiencia, tiempo y uso de bienes en el esfuerzo comunitario para reducir los daños causados por el derrame.³ Este cuadro de organizaciones, muchas de ellas interactuando unas con otras por primera vez durante las labores de respuesta, tuvieron diferentes responsabilidades, contribuyeron con diferentes recursos y representaban distintos intereses y grupos dentro de la comunidad. Con todo, cada una se comprometió con las operaciones de respuesta para servir al más grande fin del bienestar de la comunidad, y para que

pudieran ser identificadas como miembros del emergente sistema comunitario de respuesta.

Las organizaciones estaban comunicadas no sólo unas con otras sino también con el Centro de Operaciones de Emergencia (EOC por sus siglas en inglés) del Condado de Allegheny, localizado en Penn Avenue 1520 Pittsburgh, 27 millas al norte del sitio del derrame. El Despacho del Centro del condado estimó un registró de 37,000 mensajes recibidos y enviados durante los primeros diez días de las operaciones de emergencia.⁴ Una gruesa división nos da aproximadamente 3,700 mensajes por día, 154 por hora -sobre una base de 24 horas- y 2.6 mensajes por minuto dirigidos a, o enviados por, el coordinador de emergencias y el equipo del EOC. Esto nos ofrece una primera aproximación al número de mensajes transmitidos durante la emergencia, incluyendo sólo aquellos mensajes controlados por el EOC. Otras comunicaciones se realizaron directamente entre las organizaciones participantes a nivel municipal, distrital, estatal y federal, entre niveles y redes de organizaciones que entrecruzan los niveles jurisdiccionales.

Mientras es posible identificar la frecuencia, tipo, dirección y fuente de las comunicaciones entre las organizaciones incluidas en la red de respuesta a la emergencia, es virtualmente imposible para un solo administrador humano conocer, mucho menos comprender, el volumen de información que está dirigida a él sin la ayuda de algún sistema de clasificación, integración, síntesis e integración de información (Holland et al., 1989). El peligro es que la información crítica puede perderse dentro del volumen absoluto con el que los administradores de emergencias pretenden enfrentarse, y esta información, como la existencia de la alcantarilla en la propiedad de la planta de Duquesne adyacente a los terrenos de la Ashland Co., puede ser precisamente la que permita que una emergencia de nivel relativamente bajo se convierta en una gran crisis que afecte a cientos de miles de vidas humanas, a las operaciones de negocios y a la salud pública durante un periodo de dos semanas.

En el caso del derrame de combustible en Pittsburgh, el objetivo de las operaciones de emergencia era claro. proteger la salud y seguridad de los residentes del área afectada y, en segunda instancia, proteger su propiedad. Este objetivo sirvió como base para la toma de decisiones que implicó que el foco de la crisis se trasladara del tanque colapsado a la fuga de gasolina, a la evacuación de los habitantes de Floreffe y a los problemas de contaminación y almacenamiento de agua del área metro-