
Complejidad y escala en las organizaciones sociales

Yaneer Bar-Yam

En los últimos años la oscuridad de la ciencia se ha hecho añicos debido a un nuevo modo de enfrentarse a gran número de problemas actuales: cómo funcionan nuestras mentes, cómo funcionan las relaciones familiares, cómo ha de protegerse el medio ambiente. El ámbito de los «Sistemas complejos» (Y. Bar-Yam, 1997) supone una forma de considerar la ciencia que entraña la utilización de modelos matemáticos para estudiar la manera en que la relación entre las partes de un sistema dan origen a comportamientos colectivos, como ocurre en una población compuesta de animales, en un cerebro compuesto de neuronas, o en las células constituidas por moléculas. Todos éstos serían ejemplos de sistemas complejos. Aunque durante decenios ha habido aproximaciones a los estudios de sistemas, sólo en fecha reciente se han desarrollado los instrumentos formales, matemáticos, que permiten representar, clasificar y caracterizar eficazmente estos sistemas. Mientras que los científicos continúan conociendo y debatiendo las

oportunidades que puede suponer este nuevo método de análisis, hay muchas personas, científicos y no científicos, que ven con ilusión las nuevas perspectivas que empiezan a abrirse.

Tradicionalmente, el terreno de las teorías cuantitativas ha sido el de las ciencias físicas. Sin embargo, cada vez es más evidente que las teorías científicas surgidas de la atención a los sistemas complejos, puede aplicarse también a la forma en que organizamos nuestros sistemas sociales, incluyendo el mundo de los negocios, los gobiernos y las economías. La excitación con que hoy se contempla la ciencia de la complejidad refleja la repercusión que puede tener en nuestra capacidad de entender los problemas que afectan a nuestra vida cotidiana, cada día más compleja. La generalizada interacción de los individuos en todo el mundo hace que las actividades diarias sean en la actualidad intrínsecamente más complejas de lo que nunca lo han sido. Como demuestra el estudio de los sistemas complejos (cf. Y. Bar-Yam, 1997 y 2002a), este aumento de la complejidad global obliga hoy a que las organizaciones humanas se vuelvan igualmente complejas. Los avances tecnológicos y científicos han permitido, e incluso *exigido*, un nítido giro en nuestras organizaciones, que han pasado del control centralizado al control repartido. Esta transición, a la que a menudo nos referimos como el advenimiento de la «Era de la Información», tendría que ser entendida como una transición hacia la complejidad. Mientras que la revolución industrial cambió las fuentes de energía primarias de nuestra sociedad, así como la naturaleza de la actividad humana, esta nueva transición está trayendo, por su parte, un cambio en las estructuras organizativas y en las formas sociales.

En muchas de nuestras organizaciones y comunidades, las decisiones ya no se toman de arriba a abajo. Al contrario, para poder actuar más eficazmente, nuestros sistemas sociales se han hecho cada vez menos jerárquicos. Este cambio no se ha producido obli-

gradamente en todas partes al mismo tiempo, y ni siquiera necesita darse en todos los lugares. Sin embargo, el estudio de los sistemas complejos ofrece un mapa que nos ayuda a entender cómo y dónde las fuerzas de la complejidad imponen un cambio hacia unas redes descentralizadas. Entender científicamente este cambio equivaldría a conocer mejor la evolución previa –y la trayectoria futura– de nuestra sociedad global. Éstos son algunos de los temas que estudiamos en el New England Complex Systems Institute (NEC-SI). También podemos aplicar esta comprensión básica a sistemas más específicos, como el sistema sanitario, mostrando los pasos que hay que dar para resolver algunos de sus más acuciantes problemas.

Sin embargo, antes de continuar analizando el modo en que el estudio de los sistemas complejos puede ayudarnos a encarar la preocupación con que contemplamos algunos sistemas sociales específicos, hemos de volver al estudio de los sistemas complejos en general. Más en concreto, ¿en qué difiere ese enfoque del de la ciencia más tradicional? Resumiendo, en los sistemas complejos la atención se concentra en la relación entre sus partes, más que en las partes en sí mismas. Tradicionalmente, un científico observa algo e intenta entender cómo funciona. Uno de los más importantes principios que ayudan a entender este proceso es que todas las cosas se componen de partes. Así, y de un modo bastante razonable, decimos: «veamos cómo funcionan esas partes; eso nos ayudará a entender cómo funciona la cosa». Sin embargo, cuando examinamos una de las partes, nos damos cuenta de que también está compuesta de partes. El siguiente paso lógico es pues examinar las partes que constituyen la parte. Por ejemplo, el cuerpo humano está constituido por nueve sistemas de órganos; estos sistemas de órganos están compuestos de órganos, que a su vez están formados de tejidos, que a su vez están formados de células, que a su vez están formados de orgánulos, que a su vez están formados de moléculas,

que a su vez están formados de átomos, que a su vez están formados de partículas elementales. Es imposible negar que la ciencia ha conseguido grandes avances separando unas cosas de otras.

Sin embargo, lo que este método de análisis no resuelve es el problema de entender las relaciones entre las partes. Es evidente la importancia de ese entendimiento. Si todos los sistemas que existen a nuestro alrededor estuviesen compuestos de las mismas partículas elementales y sus relaciones fuesen irrelevantes, todos los sistemas serían idénticos. Evidentemente, la realidad no es ésa. Tratamos de entender las partes con tanto detalle que a veces nos olvidamos de qué era lo que pretendíamos entender en un principio. Además, la estrategia de observar las partes puede impedirnos ver el modo en que las propiedades de un sistema surgen a partir de las relaciones entre sus componentes. Esto se refleja en lo que pensamos sobre ello en general. Más concretamente, afecta a la forma en que nos enfrentamos a la resolución del problema que se plantea cuando intentamos solucionar problemas en la sociedad. En efecto, una de las principales dificultades a la hora de resolver problemas está en que creemos que el problema reside en las partes, cuando en realidad se encontraría en las relaciones entre esas partes. Como resultado de ello, hay un gran número de cuestiones fundamentales a las que sólo podemos enfrentarnos reflexionando cuidadosamente sobre las conexiones en un sistema considerado como un todo.

Para ayudar a entender esas relaciones, debemos empezar desarrollando unos marcos que nos permitan caracterizar su naturaleza. Estamos rodeados de sistemas dotados de componentes múltiples. Pero lo importante es desarrollar formas de caracterizar, clasificar y describir la naturaleza de sus relaciones. Una dificultad a la que nos enfrentamos al prepararnos para considerar la relación entre las partes de un sistema es que no todos los sistemas, independientemente del número de componentes que contengan, son

igualmente «complejos», en el sentido que aquí daremos al término. Algo que puede servirnos para comprender este tema es establecer una comparación entre sistemas naturales y sistemas planificados. Un sistema planificado, un microprocesador por ejemplo, es un aparato extremadamente complicado, con millones de componentes electrónicos. Lo mismo podría decirse de un sistema surgido espontáneamente, como la economía global. Sin embargo, entre ambos existen diferencias fundamentales. Mientras que el microprocesador fue cuidadosamente diseñado y probado por técnicos, y cada uno de sus componentes colocado en una posición determinada de forma deliberada y consciente, la economía global es algo muy distinto. Nadie puede vanagloriarse de haber diseñado la economía global. Es más, nadie puede asegurar que puede controlarla o entenderla del todo. Y mientras que el microprocesador puede crecer únicamente por medio de un cuidadoso proceso de nuevo diseño, la economía crece (y se contrae) ella sola, sin ser explícitamente dirigida por nadie. La economía global es mucho más robusta, tiene mucha más capacidad de adaptación y respuesta a los cambios del entorno. Considerada en su conjunto, puede dominar las perturbaciones y los cambios en sus subcomponentes. Estas diferencias tienen que ver con el modo en que los componentes interactúan en cada momento, y a lo largo del tiempo.

En nuestra sociedad, lo mismo que en el mundo natural, encontramos otros muchos sistemas de características similares a las de la economía global que acabamos de examinar: redes de comunicación, ciudades, organismos, ecosistemas, etc. Mientras que la tradicional atención a la planificación de los sistemas incluye las relaciones entre las partes, esas relaciones quedan cuidadosamente delimitadas y no describen eficazmente unos sistemas realmente complejos. Por tanto, si queremos llegar a entender los sistemas sociales y biológicos, hemos de desarrollar nuevos instrumentos que nos permitan penetrar en el funcionamiento específico de dichos

sistemas. Esto irá ganando en importancia a medida que vaya haciéndose más borrosa la frontera entre sistemas planificados y sistemas naturales. Internet es un buen ejemplo de semejante fenómeno. Aun cuando se base en un sustrato planificado, gracias a sus interacciones se ha convertido en un sistema dotado de crecimiento orgánico (Y. Bar-Yam, 2002b). La importancia del estudio de los sistemas complejos reside en que nos capacita para entender, y tal vez incluso diseñar, este tipo de redes sociales.

Al tiempo que el desarrollo de un marco matemático para el estudio de los sistemas complejos ha abierto muchas puertas, hay también unos cuantos conceptos básicos que son fundamentales para considerar estos sistemas desde una perspectiva cualitativa o cuantitativa. Destacan entre ellos los de interdependencia, escala y emergencia (Y. Bar-Yam, 2004a). Examinemos en primer lugar la interdependencia. Si bien es cierto que los componentes de un microprocesador son «interdependientes», esas dependencias han sido cuidadosamente controladas para lograr que la actuación del sistema en relación con las partes resulte transparente. En los sistemas naturales los componentes son interdependientes de formas que no resultan tan evidentes. Esto hace que a la hora de enfrentarse a ellos sean mucho menos eficaces los enfoques reduccionistas. Sabemos que cuando intervenimos en un sistema complejo «aquí» a menudo provocamos efectos «allí». Esto es algo que cada vez resulta más obvio en nuestros esfuerzos por resolver los problemas sociales a gran escala que nuestras mismas actuaciones han creado.

Sería útil describir el modo en que un sistema es interdependiente. Si separamos del sistema una de sus partes, ¿cómo resultará afectada esa parte, y qué pasará con el resto de los elementos del sistema? Unas veces el efecto será pequeño, y otras, grande. Consideremos tres ejemplos: un trozo de metal, una planta y un animal. Por lo que hace al metal, la separación de una parte no cambia las

propiedades internas del material, aunque cambie su forma. Si examinamos internamente la parte retirada, sus propiedades no se habrán visto afectadas, y lo mismo ocurrirá con el resto del material. En cuanto a la planta, si le arrancamos una parte, una rama y algunas raíces, por ejemplo, lo normal será que el resto de la planta continúe creciendo más o menos del modo en que lo haría normalmente. Hay excepciones, como en el caso de que cortemos la parte lateral de un tronco, pero en general la planta no se verá muy afectada. Pero, por otro lado, la parte seccionada de la planta sí resultará gravemente afectada. Lo normal es que muera, a menos que la mantengamos en unas condiciones especiales. Comparemos ahora esto con lo que ocurre en el caso de un animal. Seccionar una parte del animal tendrá efectos devastadores tanto sobre la parte como sobre el resto del organismo. A menos que tomemos medidas para mantenerlo vivo, el animal morirá. Estos ejemplos demuestran la existencia de grados de interdependencia muy diversos. Reconocer esta disparidad de comportamientos es importante para conseguir caracterizar los sistemas como redes sociales. Consideremos la familia u organización de que formamos parte. ¿Cuán fuertes son las dependencias entre las partes? ¿Qué ocurriría si una parte fuese separada del conjunto? ¿Importaría de qué parte se tratase?

Un problema conceptual que se plantea de forma recurrente cuando nos enfrentamos a los sistemas complejos es que la gente considera que la complejidad de un sistema es algo subjetivo. Sin embargo, dar cuenta de esa subjetividad es algo que la ciencia ya hace. Por ejemplo, el movimiento de un objeto depende del movimiento del observador. Ésta es una parte bien conocida tanto de la física newtoniana como de la relativista. En términos de sistemas complejos, el aspecto más importante de la observación es la escala del detalle a que es sensible el observador. Es lo que también podríamos denominar «distancia del observador respecto al sistema» (Y. Bar-Yam, 1997, 2002a, 2004a, 2004b, 2004c). Dependiendo de

la cercanía o lejanía del espectador, un sistema puede ofrecer diferentes niveles de complejidad. Pensemos en nuestro planeta. A determinada escala de observación es un simple punto —un planeta que se desplaza siguiendo una órbita predeterminada. Pero, observado con mayor detalle (a menor escala), su complejidad aumenta enormemente: el movimiento de la atmósfera y los océanos, la flora y la fauna, las ciudades, los seres humanos, etc. Fijémonos que en esta comparación seguimos considerando toda la Tierra, y no sólo una parte de ella, aunque cada vez vayamos reduciendo más la escala. Así, la complejidad no puede ser registrada como una cantidad o cualidad única. Puesto que no es una cantidad única, algunos piensan que su utilidad no es mucha. Sin embargo, no es la cantidad propiamente dicha, sino la variación en la complejidad dependiendo de la variación en la escala lo que puede descubrir importantes propiedades de un sistema.

En el New England Complex Systems Institute hemos desarrollado una técnica denominada «análisis a escala múltiple» (Y. Bar-Yam, 2004c, 2004d, 2002d), que nos ayuda a entender bien estas realidades. El análisis a escala múltiple analiza un sistema utilizando simultáneamente diversas escalas, determinando la complejidad en cada una de ellas y por tanto la relación existente entre los componentes y los comportamientos del sistema a través de esas escalas. Esta técnica es especialmente útil para describir la «emergencia», los distintos modelos surgidos de la interacción colectiva de las partes de un sistema. Por ejemplo, los comportamientos emergentes de una selva serían sus ciclos de incendio y regeneración. Tales comportamientos serían perceptibles a gran escala, aunque al utilizarla se perdiesen los detalles del sistema.

Que la complejidad dependa de la escala es un principio que se podría aplicar a diferentes tipos de sistemas. Pero, más que pensar en los sistemas que estudia la ciencia convencional, interesa pensar en aquellos otros que la ciencia tradicional no suele analizar por ca-

recer de los instrumentos necesarios. Veamos qué se puede decir de algunos de los sistemas más complejos que conocemos: la sociedad moderna y las organizaciones que alberga. Como avanzamos al principio de este ensayo, el mundo se ha hecho mucho más interdependiente en los últimos años. Intervenciones en un lugar del mundo pueden, y a menudo lo hacen, afectar a lo que ocurre en otro(s) lugar(es). Volviendo a los ejemplos que antes hemos propuesto, el mundo se parece cada vez más a un animal, y menos a un trozo de metal, o incluso a una planta. Si seccionamos una de sus partes, el efecto sobre las restantes será considerable.

Para analizar el modo en que ha surgido esta interdependencia creciente, debemos analizar las maneras en que las personas influyen unas en otras. Pensamos en esa influencia entre personas en términos de control —no necesariamente coercitivo, pero control en cualquier caso. En las organizaciones tradicionales el control se ejerce a través de la jerarquía. A lo largo de tres mil años, las jerarquías han sido la forma genérica adoptada por las organizaciones humanas. Está claro que resultaría útil entender cómo funciona una jerarquía, y el modo en que influye en la complejidad de un sistema social.

En una jerarquía perfecta, los individuos sólo pueden comunicarse en sentido vertical, hacia arriba o hacia abajo de la estructura de mando. Si uno quiere coordinar sus actividades con alguien que trabaja en la puerta de al lado de la oficina, habla con su jefe, y éste le explica lo que tiene que hacer a esa persona de la puerta de al lado. Si uno quiere coordinarse con alguien que trabaja a la entrada de la oficina y cuyo trabajo no está supervisado por el mismo jefe, tendrá que hablar con su jefe inmediato, que hablará con su propio jefe, que a su vez hablará con el jefe de la persona que trabaja en la entrada, que finalmente explicará a ese trabajador qué se quiere que haga. Por supuesto, los jefes no necesitan esperar a que alguien de los niveles inferiores les sugiera algo; podrían sim-

plemente decir qué hay que hacer a quienes les presentan sus informes. Otra forma de representarse la comunicación en los sistemas jerárquicos es como algo que se filtra hacia los niveles jerárquicos superiores reduciendo el volumen de información a aquel que los jefes necesitan, mientras que la comunicación hacia los niveles inferiores de la jerarquía proporciona los detalles necesarios para que los trabajadores desempeñen sus tareas.

Consideremos algunos sencillos ejemplos del modo en que las jerarquías funcionan en el ejército y en la producción industrial. En el caso del mundo militar, tomemos como ejemplo aquellos ejércitos de la antigüedad que conquistaron gran parte del mundo conocido, y más concretamente las falanges de Alejandro Magno o las legiones romanas. Su funcionamiento se caracterizaba por largas marchas en las que participaban multitudes de individuos que ejecutaban simultáneamente una sola tarea, repitiéndola un gran número de veces. El comportamiento de cada individuo tiene aquí un bajo nivel de complejidad y muestra un notable equilibrio entre la complejidad y la escala. Para que exista acción a gran escala se debe reducir la complejidad en las escalas inferiores. La gran escala de la acción produce consecuencias también a gran escala, como resulta evidente por el tamaño de los imperios creados por aquellas organizaciones militares. La escala del impacto de las falanges y de las legiones romanas fue extraordinaria, incluso si la comparamos con parámetros actuales. Además, para que este tipo de organización funcione, tiene que haber muchos individuos que sigan las instrucciones de un mando único. El líder situado en la cima de la pirámide decide hacia dónde marchar, cuándo combatir, etc.

Si queremos poner un ejemplo relacionado con la producción industrial, tomemos las fábricas en que se producía el modelo T de Ford. Antes de Ford, cada coche era creado por un artesano, que tardaba alrededor de un año en montarlo totalmente. La idea bási-

ca de Ford era simplificar la tarea de cada individuo, logrando para ello que éste repitiese una y otra vez una tarea de baja complejidad. Como en la legión romana, cada individuo de la fábrica ejecutaba una tarea repetitiva. En este caso, sin embargo, no todo el mundo hacía lo mismo. Diferentes personas ejecutaban trabajos distintos, que había que coordinar para producir un producto único. El producto final podía ser tan complejo como un coche. Pero el principal éxito de este sistema era que permitía fabricar un enorme número de coches (es decir, creaba un efecto a gran escala). Aquí también vemos cómo rebajar la complejidad puede aumentar la escala. Pero además de esta relación entre escala y complejidad, podemos considerar también el papel desempeñado por la jerarquía de control. La jerarquía coordina los trabajos de diferentes individuos para garantizar que la actuación general sea la deseada. Como los individuos llevan a cabo distintas tareas, la jerarquía de control tiene que dar muchas más instrucciones que en el caso de una formación militar. Intuitivamente, aumenta la necesidad de la jerarquía de transmitir información a cada uno de los elementos componentes.

Esto nos obliga a hacer una importante observación. Puesto que los comportamientos a gran escala se deben comunicar a través de un único líder, existe un límite a la complejidad de esos comportamientos. Los comportamientos a gran escala controlados por un individuo no pueden ser más complejos de lo que lo es él o ella. Aunque la complejidad de un ser humano puede ser considerable, no es infinita. En este contexto, el límite de complejidad relevante es la complejidad de un ser humano a la escala a que es observado por los demás (es decir, la cantidad de información que un ser humano puede transmitir en un período de tiempo concreto). De este modo, mientras que un sistema jerárquico resulta eficaz a la hora de dotar de una mayor repercusión a las actividades individuales, es incapaz de crear un sistema dotado de mayor complejidad en

su actuación colectiva que en la de las partes que lo componen. A la inversa, esta limitación no se da en una red, trátase del cerebro o de una economía de mercado. Una red puede funcionar de forma más compleja que cualquiera de sus componentes individualmente considerado.

La crisis actual de las organizaciones jerárquicas supone que la complejidad de acción exigida por nuestras organizaciones sociales ha superado la de las personas individuales. La razón de ello está clara para los individuos que viven y trabajan en estas organizaciones. Si quieren ser eficaces en un mundo rápido y complejo, las organizaciones han de ser diseñadas para que la información se transmita en ellas horizontalmente (y no hacia abajo y hacia arriba). Es decir, las redes de interacción deben reemplazar el control jerárquico. Pero, aunque esto resulte ya evidente para los participantes, es importante que los estudios científicos establezcan una base matemática que permita entender el fenómeno. Sólo así lograríamos analizar contextos más concretos, los problemas que en ellos se plantean y las soluciones idóneas.

Volviendo a una aplicación concreta, consideraremos la situación en los últimos tiempos del sistema sanitario en Estados Unidos. Los problemas a los que ha de enfrentarse ese sistema son los mismos que se dan en otros países del mundo. Además, la aplicación del análisis multiescala al sistema puede hacernos ver su utilidad para mejorar aspectos fundamentales de la sociedad que nos rodea. En estos momentos, el sistema sanitario está experimentando muchos fracasos. Los errores médicos son frecuentes, los controles de calidad insuficientes y los costes altos (World Health Report, 2000; Institute of Medicine, 2001). La incapacidad del sistema para llevar a cabo su cometido eficazmente, y más concretamente la existencia de numerosos errores que podrían ser erradicados, es un síntoma de que el sistema no está estructurado para realizar bien sus objetivos.

Para entender el origen de estas dificultades, analizaremos el funcionamiento del sistema en términos de escala y complejidad (Y. Bar-Yam, 2006). El resultado clave de este análisis es la distinción de dos aspectos del sistema. Por una parte, la tarea de suministrar atención médica a pacientes individuales es sumamente compleja, requiriendo médicos que respondan de muchas formas posibles a la situación de cada uno de ellos. Para ello, deben estar muy bien entrenados para identificar qué respuestas –entre las muchas posibles– hay que aplicar en cada caso. Por otra parte, los grandes recursos económicos que alimentan el sistema han de ser en última instancia asignados al pago de unos médicos individuales que tratan a pacientes individuales de los problemas individuales que éstos padecen. Normalmente, una vez al año los organismos de la administración negocian el volumen total de esos recursos. De algún modo, a partir de esta decisión, los médicos individuales tienen que cambiar el modo de decidir qué volumen de atención pueden proporcionar a sus pacientes individuales, cuánto tiempo pueden dedicar a examinarlos, qué pruebas se pueden encargar y qué tratamientos se pueden poner. Está claro que se trata de una tarea muy difícil. En vez de ser los médicos, uno a uno, quienes toman las decisiones, lo que ocurre es que las compañías de seguros imponen una serie de restricciones generales a la atención sanitaria. Es lo que se conoce como «atención programada». La toma de decisiones centralizada pudo funcionar en las legiones romanas o en las fábricas que producían el Ford T, pero cuando este tipo de enfoque se utiliza para programar la atención sanitaria, podemos afirmar categóricamente que no funciona. La razón es que la tarea de la atención sanitaria no es una tarea de gran escala, sino una tarea de alta complejidad. Inevitablemente, las restricciones puestas a los diferentes médicos que tratan las muy diferentes situaciones a que se enfrentan inhiben su capacidad para actuar según las necesidades de los pacientes individuales. El resultado es un proceso que ya conocemos: el aumento

de los costes acompañado de la disminución de la calidad del servicio (D. L. Altman, 2003; S. D. Horn *et al.*, 1996; S. D. Horn *et al.*, 1988).

De acuerdo con los análisis basados en el principio de que la complejidad depende de la escala, la imposición de controles de gran escala a un objetivo de alta complejidad se resuelve inevitablemente en ineficacia –aunque la relación inmediata entre la imposición del control y sus consecuencias no sea evidente. Generalmente las dificultades resultantes se manifiestan de manera indirecta. Por otra parte, los esfuerzos por mejorar el sistema cambiando el papel de las aseguradoras, por ejemplo, pasando de pagadores múltiples a un solo pagador, no pueden resolver esos problemas porque no cambian significativamente la relación entre la gran escala del gasto y la atención extraordinariamente compleja que proporcionan los médicos. En última instancia la clave para enfrentarse al problema es adecuar la complejidad del sistema a la complejidad de la tarea.

Adecuar la complejidad de la organización a la del trabajo exige que cada parte de esa organización tenga la complejidad requerida por el trabajo que está realizando. En parte la solución al problema de la atención sanitaria vendrá de reconocer que *existen* elementos de gran escala –las muchas tareas que consisten en acciones repetitivas y (relativamente) sencillas, como las pruebas de detección (*screening tests*), las vacunaciones y el tratamiento de ciertas dolencias comunes. Estas tareas a gran escala *pueden* llevarse a cabo con eficaces procesos a gran escala, reduciendo así los gastos y mejorando la eficacia general del sistema. Al reconocer tales tareas como de gran escala, podemos mejorar la correspondencia entre las tareas y los procesos organizativos.

Este análisis de la atención sanitaria como sistema complejo de múltiples escalas sugiere que un avance fundamental consistiría en la separación de responsabilidades en la realización de dos tipos

distintos de tareas: las de alta complejidad y las de gran escala y escasa complejidad. Entre las de mayor complejidad está la atención médica especializada de pacientes individuales. Entre las de menor complejidad está el cuidado preventivo y la atención a la situación sanitaria general de la población. Si las simples tareas repetitivas de prevención y atención sanitaria a la población fuesen excluidas del sistema tradicional para pasar a un sistema especialmente diseñado para ellas, los médicos quedarían liberados para concentrarse en un mayor número de problemas individuales.

Advertimos que si bien en el sistema sanitario existe ya cierta separación de tareas, especialmente en los hospitales, éste no es el tipo de distinción que se necesita para lograr el objetivo señalado. Para conseguir la eficacia en la gran escala la medida más importante sería diseñar un sistema que ofreciese el servicio específico que muchos individuos necesitan. Cuando este servicio se monta, por ejemplo en el caso de las epidemias de gripe, el proceso es simple, racional y eficaz. Los médicos bien entrenados para tomar decisiones no son necesarios generalmente para proporcionar esos servicios, como tampoco lo son para hacer funcionar la lavandería de un hospital. A pesar de ello, el sistema actual, enormemente individualizado, utiliza un modelo basado en la relación un paciente-un médico incluso en el caso de tareas que hay que llevar a cabo con poblaciones a gran escala. La atención personalizada debería ser encomendada a un sistema de asistencia individual, mientras que debería crearse otro tipo de sistema que desarrollase los programas de prevención y bienestar público a gran escala. Intentar cumplir ambas tareas con una misma organización crea un conflicto entre las respuestas a corto plazo a las necesidades inmediatas de los pacientes, y los beneficios a largo plazo de los proyectos de prevención y bienestar público.

Regresando al mundo de los sistemas complejos en general, estas conclusiones son ratificadas por el ejemplo de algunas organi-

zaciones, biológicas y sociales, que separan las distintas tareas (Bar-Yam, 2004a). Las piernas son algo estúpido para andar, pero no resultan tan útiles como los brazos y las manos cuando se trata de realizar manipulaciones complejas de objetos. El sistema inmunitario está diseñado para enfrentarse a desafíos complejos, de menor escala que aquellos a los que se enfrentan los músculos. Si los comparamos con el sistema inmunitario, incluso los músculos de los dedos desarrollan tareas a gran escala. El ejército, por mencionar una organización social, se compone de una gran variedad de fuerzas: divisiones blindadas, infantería, infantería de marina y fuerzas especiales. Todas ellas están creadas para tareas que difieren en escala y complejidad.

En última instancia, vemos que entender el papel de la escala y la complejidad en estructura y función nos capacita para pensar con más claridad sobre la forma de planificar las organizaciones sociales. Para una mayor información sobre las matemáticas que respaldan los análisis multiescala de todas estas cuestiones, consúltese las referencias. Se pueden utilizar medios científicos para ver cómo el comportamiento de un sistema a distintas escalas requiere una estructura organizativa apropiada para llevar a cabo las tareas necesarias. La sensibilidad a la escala y a la complejidad es absolutamente indispensable si pretendemos resolver los problemas que se nos presentan en un mundo tan complejo como el actual. Hay otras muchas tareas en que la comprensión de la escala y la complejidad reportaría evidentes beneficios, en el terreno por ejemplo del desarrollo internacional y de los problemas de pobreza y salud en el Tercer Mundo. Además de los potenciales beneficios que reportaría en el tratamiento de los temas que nos preocupan a escala nacional y global, ese mismo conocimiento se puede aplicar a las organizaciones humanas y a las tareas y problemas específicos a que deben enfrentarse para dar respuesta a sus necesidades. Sólo adaptando unas organizaciones correctamente estructuradas a las

tareas que deban llevar a cabo podremos tratar los problemas que surjan en nuestros sistemas sociales.

REFERENCIAS

- D.L. Altman, «The Sad Story of Health Care Cost Containment as Told in One Chart», *Health Affairs*, 2003: 23 January.
- Y. Bar-Yam, *Dynamics of Complex Systems*, Perseus Press, Reading, MA, 1997.
- , «Complexity rising: From human beings to human civilization, a complexity profile», in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK, 2002a.
 - , «Large Scale Engineering and Evolutionary Change: Useful Concepts for Implementation of FORCEnet», Report to Chief of Naval Operations Strategic Studies Group, 2002b.
 - , «General Features of Complex Systems, in Encyclopedia of Life Support Systems» (EOLSS), UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK, 2002c.
 - , «Sum rule for multiscale representations of kinematic systems», *Advances in Complex Systems* 5, 2002d.
 - , *Making Things Work*, Knowledge Press, Cambridge, MA, 2004a.
 - , «Multiscale Variety in Complex Systems», *Complexity* 9, 2004b.
 - , «Multiscale complexity/entropy», *Advances in Complex Systems* 7, 2004c.
 - , «Mathematical theory of strong emergence using multiscale variety», *Complexity* 9:6, 2004d.
 - , «Improving the effectiveness of health care and public health: A multiscale complex systems analysis», *American Journal of Public Health* 96, 459-466, 2006.
- S.D. Horn, P.D. Sharkey, D.M. Tracy, C.E. Horn, B. James, F. Goodwin «Intended and Unintended Consequences of HMO Cost-Containment Strategies: Results From the Managed Care Outcomes Project», *The American Journal of Managed Care*, 1996: 2.

S.D. Horn, P.D. Sharkey, C. Phillips-Harris, «Formulary Limitations and the Elderly: Results From the Managed Care Outcomes Project», *The American Journal of Managed Care*, 1998.

Institute of Medicine, «Crossing the quality chasm: A new health system for the twenty-first century». Washington, DC: National Academy Press, 2001.

World Health Report 2000, World Health Organization, 2001.

Y. B.-Y.