

Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos y resiliencia

Complex adaptive systems, socio-ecological systems and resilience

Lourdes Castillo-Villanueva

David Velázquez-Torres*

Recibido: noviembre 04 de 2014

Aceptado: septiembre 28 de 2015

Resumen

El estudio y análisis del incremento del riesgo global derivado de la crisis ambiental, consecuencia de un mayor número de interacciones y realimentaciones entre los problemas sociales, económicos, políticos y ecológicos a diferentes escalas espacio-temporales, requieren de una perspectiva interdisciplinaria que permita aprehender de manera integral la complejidad de estos problemas y proponer acciones (agendas de cambio) para incrementar la resiliencia y la sostenibilidad del desarrollo en todas sus dimensiones. Se pugna por la utilidad del enfoque de los sistemas complejos adaptativos para plantear el estudio de la resiliencia en los sistemas socio-ecológicos.

Para ello, se describe la dinámica del sistema a partir de las metáforas de los ciclos adaptativos y la panarquía y las propiedades que determinan esas dinámicas, resaltando la importancia de la propiedad denominada resiliencia. Pensar en aumentar la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos locales implica considerar la dinámica de los sistemas complejos adaptativos, y concluir que será necesario llevar a cabo profundas transformaciones a nivel de las prácticas económicas y financieras globales, y del modelo económico neoliberal que ha fomentado una cultura de consumo excesivo que rebasa por mucho los umbrales de lo necesario para el bienestar humano.

Palabras clave: sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos, resiliencia.

*Universidad de Quintana Roo, México. E-mail: loucasti@uqroo.edu.mx, davvelaz@uqroo.edu.mx.

Abstract

The study and analysis of global risk increase from the environmental crisis resulting from a greater number of interactions and feedbacks between social, economic, political and environmental problems in different spatial and temporal scales require an interdisciplinary perspective that allows to learn in a holistic way the complexity of these problems and propose actions (change agenda) to increase the resilience and sustainability of development in all its dimensions. It strives for the usefulness of the complex adaptive systems approach to bring the study of resilience in social-ecological systems.

To do this, the system dynamics from metaphors of adaptive cycles, panarchy and properties that determine these dynamics are described, highlighting the importance of the property called resilience. Think through increasing the resilience of local socio-ecological systems involves considering the dynamic of complex adaptive systems and conclude that this will require to carry out deep transformations at the level of economic and financial global practices, and neoliberal economic model which has fostered a culture of excessive consumption that far exceeds the thresholds necessary for human welfare.

Keywords: complex adaptive systems, socio-ecological systems, resilience.

Introducción

El hombre, además de técnica y razón, es imaginación y afectividad. El mundo está lleno de ambigüedades, complejidades e incertidumbres y el pensamiento complejo conduce a formas de pensar que toman en consideración estas situaciones (Montouri, 2008). Este tipo de pensamiento plantea la incorporación del sujeto y su subjetividad reflexiva de manera sistemática y explícita en la construcción de la ciencia. Su marco epistemológico considera la articulación del conocimiento científico mediante la transdisciplina, y lo pone en relación con otras formas de conocimiento no científico (Rodríguez y Leónidas, 2011).

La posibilidad de interacciones, tanto verticales como horizontales, realimentaciones y amplificación en los sistemas socio-ecológicos puede llevar al sistema a un estado de crisis (Raskin, 2006). Por ello, es importante contar con enfoques que permitan conocer cuáles son los umbrales de resistencia de las interacciones del sistema, su capacidad de adaptación y de auto-organización que permitan su viabilidad a lo largo del tiempo.

El enfoque de sistemas complejos adaptativos asume que los sistemas sociales y sistemas ecológicos son interdependientes y no lineales, con realimentaciones en diferentes niveles que permiten al sistema auto-

organizarse, adaptarse continuamente y cambiar de una manera impredecible. Es necesario entender la estructura y los patrones de las interacciones intra e inter subsistemas para explorar e incrementar su resiliencia y capacidad de adaptación. Resultados de diversas investigaciones muestran que los sistemas socio-ecológicos constituyen sistemas complejos adaptativos (Schianetz y Kavanagh, 2008).

En este trabajo se pretende contribuir a la utilidad del enfoque de los sistemas complejos adaptativos para plantear el estudio de la resiliencia en los sistemas socio-ecológicos. Para ello, se ha llevado a cabo una amplia revisión bibliográfica enfocada principalmente en tres categorías de análisis: sistemas complejos adaptativos, ciclos adaptativos y panarquía, resiliencia y sistemas socio-ecológicos. Se describen las características de los sistemas complejos adaptativos como la no-linealidad, dinámica, incertidumbre, emergencia, auto-organización. El estudio de su dinámica se aborda desde las metáforas de los ciclos adaptativos y la panarquía. Por último, se revisa el concepto de resiliencia de sistemas socio-ecológicos como aptitudes estratégicas y evolutivas para el funcionamiento adecuado del sistema y para poder afrontar las incertidumbres, interacciones no-lineales, impactos y factores de estrés.

Lo anterior resulta de suma importancia considerando el incremento del riesgo global, sociedad del riesgo señalado por Beck, donde los impactos y los factores de estrés que amenazan a los sistemas sociales y ecológicos en conjunto, aunado a diversas condiciones de vulnerabilidad, requieren de acciones integrales o de intervención en los sistemas socio-ecológicos que permitan gestionar los riesgos, su resiliencia y sostenibilidad.

Sistemas complejos adaptativos

El estudio de la complejidad y de los sistemas complejos ha devenido, desde mediados del siglo XX, en un objeto de estudio central para la ciencia contemporánea pero también para la reflexión filosófica, ética y política. Morin (2004) y Reynoso (2009), citado en Reyes (s/f), señalan que lo que hoy suele llamarse 'teorías de la complejidad' es en realidad el nombre de un campo con límites borrosos que abarca, en su formulación científica, a las teorías de los sistemas complejos en sentido amplio (sistemas **dinámicos**, sistemas **no lineales**, sistemas **adaptativos**), la teoría del caos y los fractales.

La complejidad introduce, en el terreno de las ciencias, una racionalidad post-clásica que habilita e incorpora problemas ignorados o vedados por el

pensamiento científico moderno, como son, por ejemplo, la **incertidumbre**, la **emergencia** y la **auto-organización**. En este sentido, puede entenderse como un paradigma científico emergente que involucra un nuevo modo de hacer y entender la ciencia (Rodríguez y Leónidas, 2011). Es una forma de analizar, de reflexionar sobre determinados aspectos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, los cuales presentan ciertas características que los clasifican como sistemas de comportamiento complejo. Designa una **comprensión del mundo como entidad** donde todo se encuentra entrelazado, esto es *complexus*: lo que está tejido junto (*¿Qué es el pensamiento complejo, s/f*).

Una característica esencial de estos sistemas son las llamadas **propiedades emergentes** que surgen de las interacciones del conjunto de componentes sin que pueda ser atribuible a un componente en particular, esto es, característica que no poseen los componentes individualmente. La complejidad de los sistemas lleva a condiciones de **incertidumbre**. A su vez, la **auto-organización** hace referencia a una emergencia de comportamiento colaborativo entre los elementos del sistema. Morin (citado por Montouri, 2008) señala que una forma más adecuada de describir el proceso de auto-organización en sistemas dinámicos y abiertos es como “auto-eco-re-organización”, ya que un sistema depende de su entorno o ambiente para auto-organizarse y la organización no es estática, es un proceso y siempre está en re-organización.

“Los sistemas complejos adaptativos son buscadores de pautas. Interaccionan con el entorno, aprenden de la experiencia y como resultado se adaptan. Así las adaptaciones son un comportamiento determinista y las auto-organizaciones son comportamientos indeterministas, como resultados positivos posteriores a una crisis” (Cardona, 2001: 130).

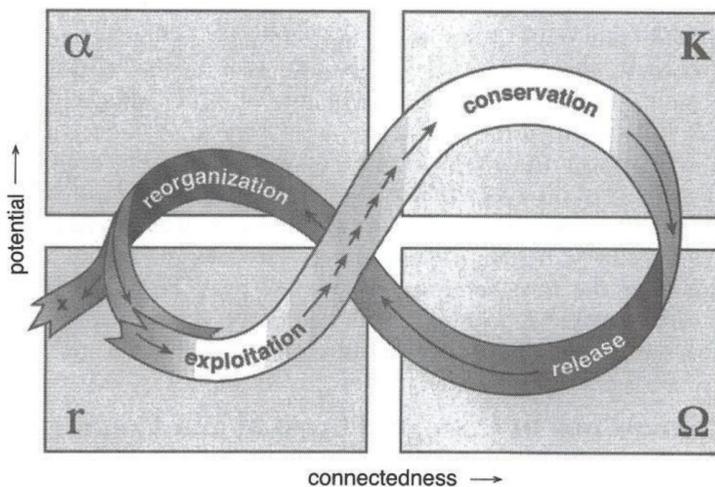
Ciclos adaptivos y panarquía

El ciclo adaptativo, planteado inicialmente por Holling en 1986, es una metáfora para describir cuatro fases que ocurren de manera común en los procesos de cambio de los sistemas complejos como resultado de su dinámica interna e influencia externa: crecimiento, conservación, liberación o destrucción creativa y reorganización. Muchos sistemas se mueven en estas cuatro fases, descritas como ciclo adaptativo, incluyendo los ecosistemas, sistemas sociales, sistemas institucionales y sistemas socio-ecológicos (Walker, Gunderson, Kinzig, Folke, Carpenter y Scultz, 2006).

En la figura 1 la progresión en el ciclo va de la fase de crecimiento lentamente hacia la conservación, muy rápido hacia la liberación, rápidamente hacia la reorganización y rápidamente también hacia otra fase de crecimiento. Las flechas cortas indican cambios lentos y las flechas largas cambios rápidos. Durante el bucle lento que va del crecimiento a la conservación, la conectividad y estabilidad se incrementan y se va acumulando paulatinamente un capital que aumenta el potencial del sistema. En un sistema económico o social, el potencial acumulado puede consistir de habilidades, redes de relaciones humanas, y confianza mutua que va creciendo conforme se avanza en este bucle (Holling y Gunderson, 2002: 34-35).

Walker *et al.* (2006) señalan que la primera fase (**r**) es interpretada como de crecimiento; se caracteriza por la disponibilidad de recursos, estructura de acumulación y alta resiliencia. Mientras la estructura y las conexiones entre componentes del sistema se incrementan, la cantidad de energía requerida para mantenerlo crece. La segunda fase (**K**) es aquella donde el ritmo de crecimiento de la red se ralentiza y el sistema se vuelve más interconectado, menos flexible y más vulnerable a perturbaciones externas. Estas dos fases, **r-K**, se integran en un bucle de crecimiento *front loop* y corresponde al proceso de sucesión ecológica en los ecosistemas y constituye los modos de desarrollo en las organizaciones y sociedades.

Figura 1. Fases de los ciclo adaptativos



Fuente: Holling y Gunderson (2002).

Holling y Gunderson (2002: 34-35) mencionan que la tercera fase, conocida como fase Ω , corresponde a la de liberación o destrucción creativa; este último término tomado del economista Schumpeter, donde la excesiva conectividad del sistema se libera de repente ocasionado por ciertos agentes perturbadores. La cuarta fase (α) se conoce como de reorganización y es equivalente a la fase de innovación y reestructuración en la industria o en la sociedad –el tipo de procesos económicos y políticas que surgen en tiempos de recesión económica o transformación social–. “Estas dos fases constituyen un segundo bucle llamado *back loop*. La nueva fase r podría ser similar a la fase r previa o ligeramente diferente” (Walker *et al.*, 2006: 2).

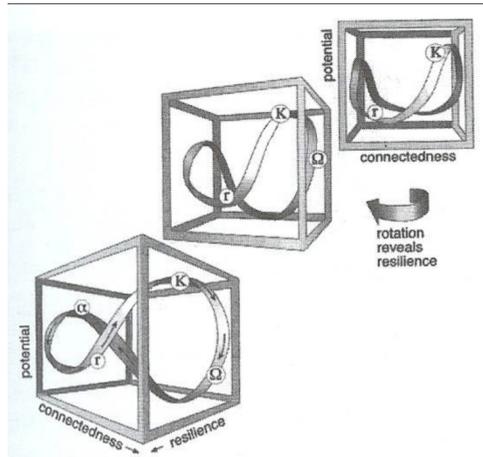
El primer bucle es predecible con altos grados de confiabilidad y tiene como objetivo maximizar la producción y acumulación, pero el segundo bucle de reorganización, cuyo objetivo es maximizar la invención y la redistribución, puede ser altamente impredecible y con gran incertidumbre, lo sugiere que un sistema complejo adaptativo, como los sistemas socio-ecológicos, puede transitar por estos dos bucles de manera secuencial en cierta escala. Los dos objetivos no se pueden dar al mismo tiempo, y el logro de uno sienta las bases para el logro del otro. Entonces, el ciclo adaptativo involucra el crecimiento y la estabilidad por un lado, y el cambio y la reorganización por el otro (Holling y Gunderson, 2002).

La propiedad relacionada con los límites del cambio (potencial) se puede interpretar como las posibilidades de transformación del sistema. El grado de control interno sobre la variabilidad del sistema (conectividad), es decir, sobre sus interrelaciones, corresponde inversamente con la capacidad de adaptación o adaptabilidad del sistema. A estas dos dimensiones de cambio se les agrega una tercera: la resiliencia. En la figura 2 se muestra cómo la resiliencia se expande y contrae a través del ciclo adaptativo (Holling y Gunderson, 2002).

En la figura 3 se presentan las cuatro fases del ciclo adaptativo que, junto con la metáfora de la panarquía, ayudan a describir la dinámica de los sistemas y las tres dimensiones de cambio referidas a las propiedades del sistema que determinan esas dinámicas. Se puede apreciar la manera en que la reducción de la resiliencia, aunado a un incremento en la conectividad –decremento en la capacidad de adaptación– y aumento en el potencial –mayores posibilidades de transformación–, genera el primer bucle del ciclo adaptativo, conocido como de crecimiento o *front loop* que, como ya se había señalado, se puede relacionar con la dinámica de sucesión ecológica en los ecosistemas y las

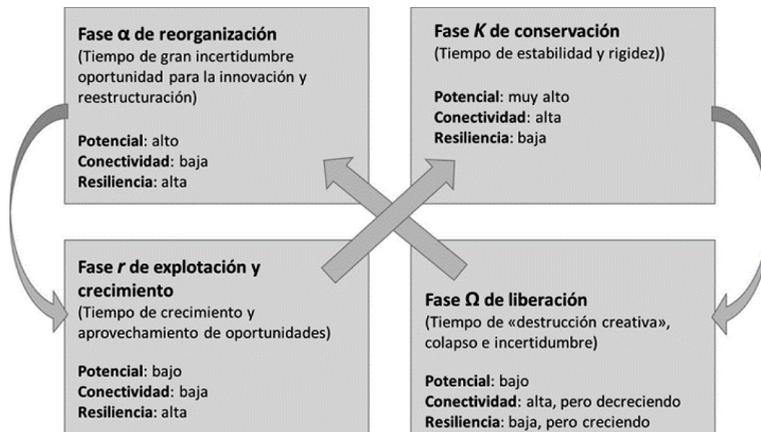
dinámicas de desarrollo en las organizaciones y sociedades. Por otro lado, se observa cómo una baja resiliencia en la fase de liberación o destrucción creativa, aunque ya con indicios de crecimiento, se incrementa hasta alcanzar niveles altos, una conectividad que disminuye reforzando la capacidad de adaptación y el crecimiento del potencial que aumenta las posibilidades de transformación, dando lugar al segundo bucle o *back loop* conocido como de desarrollo, reorganización e innovación.

Figura 2. Dimensiones de cambio del ciclo adaptativo



Fuente: Holling y Gunderson (2002: 41).

Figura 3. Fases y dimensiones del ciclo adaptativo

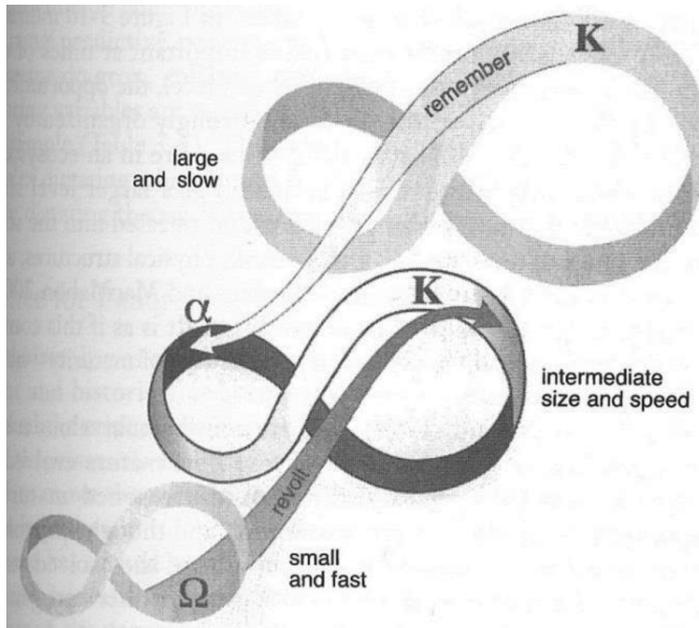


Fuente: Pendall, Foster y Cowell (trad., 2007: 8).

Los ciclos adaptativos constituyen un intento de capturar las propiedades no-lineales observadas durante el estudio de sistemas complejos socio-ecológicos, sin embargo, se limita a observar el comportamiento en una escala determinada y no las interacciones entre diferentes escalas (Calvente, 2007). Por ello, la segunda dinámica de los sistemas socio-ecológicos hace referencia a cómo los elementos de los sistemas se anidan unos con otros en una jerarquía, pero donde el concepto de jerarquía no se entiende en un sentido de control y autoridad en secuencia de arriba-abajo. Para evitar esta confusión, Holling, Gunderson y Peterson (2002) prefirieron inventar la palabra panarquía para capturar la naturaleza adaptativa y evolucionaria de los ciclos adaptativos que se encuentran anidados uno con otros a través de escalas espacio-temporales. La palabra deriva del dios griego *Pan* -dios universal de la naturaleza- y representa el poder omnipresente y espiritual de la naturaleza -rol de creatividad- y su personalidad paradójica de desestabilizador -rol destructivo creativo-.

La metáfora de la panarquía postula que los sistemas socio-ecológicos operan en múltiples escalas geográficas y que las realimentaciones operan tanto a nivel intra como inter escalas. Los sistemas que operan en escalas pequeñas pueden experimentar cambios en periodos cortos ante la posibilidad de que actores individuales puedan ejercer gran influencia; mientras que los que operan en escalas mayores pueden requerir largos periodos para experimentar cambios considerando que se requerirá un mayor número de interacciones entre un gran número de actores. La teoría de la complejidad sugiere que las propiedades en los sistemas mayores generalmente surgen a partir de interacciones en niveles menores (Pendall, Foster y Cowell, 2007).

Los niveles pequeños y rápidos inventan, experimentan y ponen a prueba -*revolt*-; los niveles mayores y lentos estabilizan y conservan la memoria acumulada de sucesos pasados -*remember*- (figura 4). La panarquía es creativa y conservadora. La interacción entre los ciclos en una panarquía combina aprendizaje con continuidad. Lo anterior puede clarificar el significado de desarrollo sostenible. Sostenibilidad es la capacidad de crear, experimentar y mantener la capacidad de adaptación. Desarrollo es el proceso de creación, experimentación y mantener las oportunidades. Por lo cual, la frase desarrollo sostenible representa una asociación lógica (Holling, Gunderson y Peterson, 2002).

Figura 4. Panarquía

Fuente: Holling, Gunderson y Peterson (2002: 75).

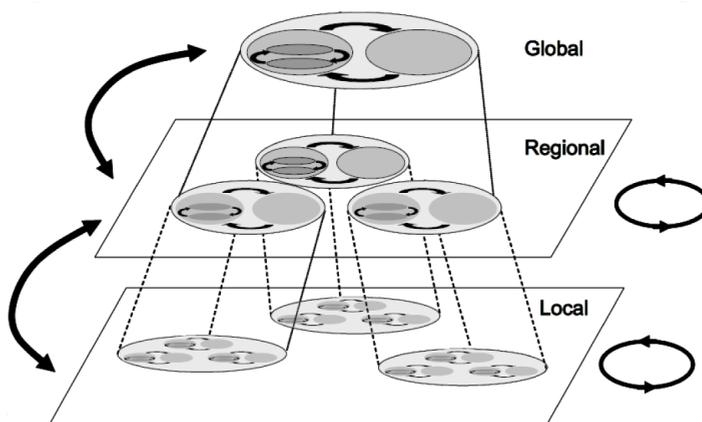
Sistemas socio-ecológicos

Aunque las acciones humanas siempre han transformado el ambiente natural, una característica de nuestra época es que estas transformaciones han alcanzado escalas planetarias. Por ello, algunos científicos han comparado este milenio con una nueva era geológica: el Antropoceno (Crutzen, 2002 citado en Raskin, 2006). Un aspecto clave en esta fase es el incremento de la interdependencia entre el sistema humano y el sistema ecológico, por lo cual se habla de un proceso de co-evolución, adaptación evolutiva mutua, de los sistemas humanos y ecológicos, que lleva a definir como unidad apropiada de análisis los sistemas socio-ecológicos.

En este sentido, un sistema socio-ecológico es una compleja estructura que puede ser analizada considerando el subsistema social y el subsistema ecológico. El primero conformado de comportamientos e ideas, donde los primeros incluyen a las instituciones políticas, económicas y sociales, y a la tecnología; y las ideas incluyen los valores, conocimiento, ideología, espiritualidad, artes y cultura. Mientras tanto, el subsistema ecológico incluye todos los ecosistemas, minerales, hidrología, clima, procesos físicos, químicos y biológicos de la biósfera (Raskin, 2006).

Bajo esta perspectiva, el sistema socio-ecológico global (figura 5) se integra de redes de sistemas socio-ecológicos a escala regional y éstos, a su vez, de sistemas socio-ecológicos locales, lo que conforma una estructura anidada de subsistemas, donde las interrelaciones se dan tanto verticalmente entre escalas como horizontalmente entre dos esferas: ecológica y social (cultural y económica).

Figura 5. Sistema socio-ecológico global



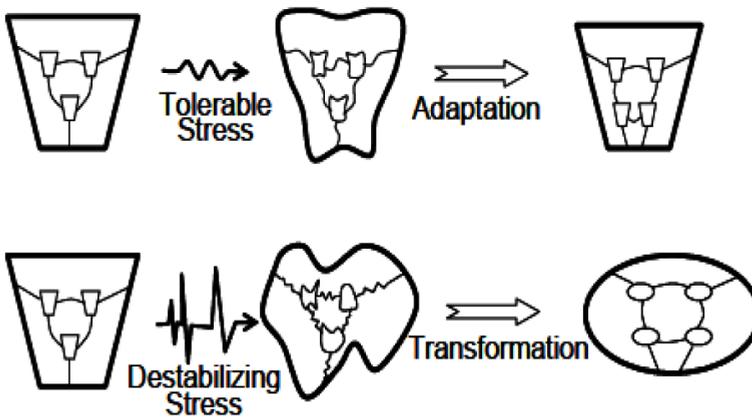
Fuente: Raskin (2006: 4).

Las perturbaciones del subsistema ecológico comprometen la integridad y la sustentabilidad del sistema. El cambio climático, combinado con la degradación de los ecosistemas, pérdida de biodiversidad, entre otros, genera impactos en las personas y en las comunidades, como: contaminación, erosión, riesgos químicos y riesgos naturales. El ámbito social se suma a los desafíos igualmente desalentadores de proveer servicios adecuados de alimentación, salud, vivienda, derechos, medios de vida y empoderamiento de la población. Las desigualdades globales, injusticia y polarización tienen repercusiones en un mundo altamente conectado, como el incremento de los conflictos, presiones migratorias, entre otros. La esfera económica hace referencia al conjunto de desafíos económicos, políticos y de seguridad asociados con el aumento de la interdependencia internacional. El fracaso económico socava los esfuerzos para proteger la naturaleza y reducir la pobreza (Raskin, 2006).

La auto-organización en los sistemas complejos es el mecanismo mediante el cual el sistema intercambia energía y materiales con su entorno para tratar de mantener su estructura alejada del equilibrio termodinámico. Cuando se

presenta un impacto o factor de estrés, entonces el sistema entra en una etapa de inestabilidad que lleva a procesos de cambio. Raskin (2006) menciona que al considerar los procesos de cambio en los sistemas socio-ecológicos es importante distinguir entre adaptación y transformación (figura 6). La adaptación se puede entender como las alteraciones de las relaciones sociales y de la sociedad con la esfera ecológica, pero manteniendo su estructura. Por otro lado, la transformación puede implicar alteraciones de las relaciones sociales pero siempre acompañadas de modificaciones en las estructuras sociales.

Figura 6. Adaptación y transformación



Fuente: Raskin (2006: 5).

Homer-Dixon (2006) menciona que existen “tensiones tectónicas” que se están acumulando bajo la superficie de nuestras sociedades, donde compara las tensiones socialmente construidas con las tensiones tectónicas en la tierra a partir de considerar que las rupturas son como los terremotos, causados por presiones no perceptibles que se van acumulando lentamente bajo la superficie de nuestro día a día y que en algún momento se libera la energía acumulada con efectos catastróficos que impacta nuestra forma habitual y a veces rígida de hacer las cosas. Identifica cinco “tensiones tectónicas”: poblacional, energética, ecológica, climática y económica. A éstas se les agregan dos tensiones más llamadas multiplicadores, ya que potencian la capacidad destructiva de las primeras: aceleración de la conectividad mundial de nuestras actividades, tecnologías y sociedades; y concentración de poder en un pequeño grupo.

La crisis ambiental es la primera crisis del mundo real producida por el desconocimiento del conocimiento; por la concepción científica del mundo y el dominio tecnológico de la naturaleza que generan la falsa certidumbre

de un crecimiento económico sin límites. El *homo economicus* sustituye al *homo sapiens*. Este proceso de economización del mundo ha desterrado a la naturaleza y a la cultura de la producción (Leff, 2004).

La globalización, tal como ha sido defendida, parece sustituir las antiguas dictaduras de las élites nacionales por las nuevas dictaduras de las finanzas internacionales. La dominancia de los valores e intereses comerciales, que define el modelo de globalización actual, ha degradado el medio ambiente, corrompido los procesos políticos, destruido el tejido socio-productivo y sus respectivas fuentes de empleo y soslayado derechos humanos, y el veloz ritmo de los cambios no dejó a los países un tiempo suficiente para la adaptación cultural. El cambio más fundamental requerido para que la globalización funcione como debiera es un cambio en la gobernanza de las instituciones financieras internacionales (Stiglitz, 2006).

Pigem (2010) hace alusión a la existencia de una burbuja cognitiva, en la que flota la visión economicista del mundo, donde la economía es un sistema puramente cuantificable, abstracto y autosuficiente, independiente tanto de la biósfera que la alberga como de las inquietudes humanas que la nutren. La crisis del sistema económico tiene su origen en una crisis de percepción. La solución a la crisis económica no puede ser sólo económica. En una crisis todo queda abierto. La burbuja cognitiva empieza a desvanecerse: el mundo real existe y llama con fuerza a nuestras puertas, por ejemplo, en forma de cambio climático y escasez de materias primas.

La crisis global sistémica ha sido acompañada por el pensamiento de la complejidad, la teoría de sistemas, la teoría del caos y las estructuras disipativas. La solución no podrá darse sólo por la vía de una gestión racional de la naturaleza y del riesgo del cambio global. La sostenibilidad implica alcanzar un equilibrio entre la tendencia hacia la muerte entrópica del planeta, generado por la racionalidad del crecimiento económico, y la construcción de una productividad neguentrópica basada en el respeto a los procesos ecológicos, en la organización de la vida y en la creatividad humana (Leff, 2004).

Resiliencia de sistemas socio-ecológicos

La resiliencia y la flexibilidad son las características claves para asegurar que las sociedades puedan adaptarse al cambio y recuperarse de las rupturas (Homer-Dixon, 2006 citado en Rohleder, 2007). La crisis global surge cuando perturbaciones del contorno rebasan cierto umbral y afectan el sistema socio-

ecológico y este se desorganiza. Ante esto el propio sistema socio-ecológico debe activar sus estrategias de reorganización para recuperar su “estado de estabilidad”. Esas estrategias de reorganización del sistema socio-ecológico es lo que podríamos llamar construir o incrementar la resiliencia del sistema.

Walker *et al.* (2006) mencionan que, aunque los componentes sociales y ecológicos sean identificables, no se pueden fácilmente descomponer con fines analíticos o prácticos. Señalan que estudios de caso y modelos indican que las patologías de manejo ocurren cuando los procesos ecológicos claves para los objetivos sociales y económicos pierden resiliencia. La pérdida de resiliencia ecológica pone a prueba la capacidad de adaptación de la dimensión humana del sistema. Presentan cinco patrones de cambios abruptos en los sistemas socio-ecológicos desde una perspectiva heurística: ciclo adaptativo, panarquía, resiliencia, adaptabilidad y transformación. Los dos primeros describen la dinámica de los sistemas entre y a través de escalas, mientras los últimos tres corresponden a propiedades del sistema socio-ecológico que determinan esas dinámicas.

Birkmann (2006: 15-16) plantea la resiliencia como la capacidad de un sistema de mantener sus funciones y estructuras básicas en momentos de choques y perturbaciones. Agner *et al.* (2005) y Allenby and Fink (2005) señalan que la resiliencia implica que el sistema, ya sea social, ecológico o socio-ecológico, puede movilizar la suficiente auto-organización para mantener las estructuras y los procesos esenciales mediante adaptación o hacer frente “*coping*”. Por otro lado, Yamin, Ghesquiere, Cardona y Ordaz (2013) definen la resiliencia como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad para anticiparse o adaptarse a los efectos de un evento peligroso, absorberlos o recuperarse de ellos, en forma oportuna y eficiente, garantizando la preservación, la restauración o la mejora de sus estructuras y funciones básicas y esenciales.

Existe una amplia variedad de definiciones e interpretaciones relacionadas con el concepto de resiliencia, donde se distinguen tres enfoques: resiliencia técnica, resiliencia social y resiliencia ecológica (Beichler, Hasibovic, Davidse y Deppisch, 2014). En la ecología, el concepto de resiliencia data de los años setenta y sugiere una medida de persistencia de un sistema y su habilidad para absorber cambios y perturbaciones y mantener las mismas relaciones entre poblaciones (Holling, 1973 citado en Weichselgartner y Kelman, 2014). El énfasis de la resiliencia se ubica desde la ecología en el ambiente natural,

desde la psicología en la persona y desde la ingeniería en las construcciones humanas. Por su parte, la geografía integra el ambiente natural, ambiente construido y la sociedad en el concepto de resiliencia (Weichselgartner y Kelman, 2014: 3). El mismo autor plantea que un aspecto en común del concepto de resiliencia es la habilidad de los materiales, individuos, organizaciones y todo el sistema socio-ecológico, desde la infraestructura crítica hasta las comunidades rurales, de resistir condiciones severas y absorber los impactos.

La perspectiva de la resiliencia se utiliza cada vez más para entender las dinámicas de los sistemas socio-ecológicos, donde éstos no son la simple suma del sistema social y sistema ecológico. Una sociedad puede mostrar una gran habilidad para enfrentar los cambios y adaptarse si se analiza sólo desde la dimensión social, pero tal adaptación puede ser a expensas de cambios en la capacidad de los ecosistemas para mantener esa adaptación y causar trampas y puntos de quiebre en la resiliencia del sistema socio-ecológico. Al igual, basarse sólo en la sustentabilidad del sistema ecológico para la toma de decisiones puede llevar a conclusiones estrechas y equivocadas (Folke, 2006).

Considerar la resiliencia de los sistemas complejos puede entenderse como una aproximación para organizar y manejar los sistemas socio-ecológicos mediante el énfasis en la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo, en donde los disturbios (por ejemplo eventos climáticos extremos) son parte de la dinámica del sistema y representan oportunidades para el cambio o la innovación (Gunderson y Holling, 2002, Walker *et al.* 2004, Folke, 2006, Walker y Salt, 2006 citados en SARAS, *Fundamentos teóricos*: párr. 6).

La resiliencia es utilizada cada vez más en el campo de las interacciones socio-ecológicas, incluyendo la gestión del desastre y la reducción de vulnerabilidad ante amenazas naturales. En el contexto de las amenazas naturales, la resiliencia pone énfasis en las múltiples formas en que un sistema puede responder ante los impactos, incluyendo la habilidad para absorber dichos impactos, aprender de ello, adaptarse y recuperarse, así como reorganizarse después del impacto. La resiliencia debe implicar saltar hacia adelante “*bounce forward*” a un nuevo estado donde el sistema pueda gestionar de forma más eficientemente los impactos y los factores de estrés externos, especialmente aquellos derivados de eventos climáticos (López-Marrero y Tschakert, 2011).

Los sistemas socio-ecológicos como “sistemas adaptativos complejos, donde los agentes sociales y biofísicos interactúan en múltiples escalas temporales y espaciales”

(Janssen y Ostrom, 2006, citado en Balanzó, 2007: 34) se pueden interpretar mediante un elemento central de la resiliencia: la panarquía. La resiliencia es más pertinente en los sistemas socio-ecológicos, ya que incluye las habilidades intrínsecas de los sistemas adaptativos complejos como la auto-organización y la adaptación a los continuos cambios (Balanzó, 2007).

Walter y Salt (2012: 1-3) indican que llevar a la práctica el pensamiento resiliente a un sistema socio-ecológico implica el desarrollo de acciones que pueden agruparse en tres etapas: contextualizar y describir el sistema socio-ecológico, evaluar su resiliencia y gestionar la resiliencia. Definen el concepto de resiliencia como la capacidad de un sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse de forma que mantenga sus funciones, estructura y realimentaciones esenciales, esto es, conserva su identidad como sistema.

A pesar del gran abanico de aplicaciones y contextos, la resiliencia no es un término universalmente aceptado. Aún en la geografía no existe una definición única para diversas áreas como son en la reducción del riesgo de desastre, la adaptación al cambio climático y la planeación espacial (Weichselgartner y Kelman, 2014).

El concepto de resiliencia debe transformarse de uno puramente descriptivo, qué se hace, a uno que incluya una agenda normativa respecto a qué debe hacerse. La resiliencia debe ser vista por los gobiernos y las organizaciones como un proceso, un estado y una cualidad. Abarca desde lo global, enfocado en la seguridad alimentaria; lo nacional, relacionado con la infraestructura crítica (energía y agua) y el sector económico; y lo local, en cuanto al cambio climático. La resiliencia, en ocasiones, se enfoca en entidades individuales y otras en la resiliencia del sistema. Esto lleva a la pregunta “resiliencia de qué, ante qué y a qué escala”, donde los geógrafos pueden aportar desde su perspectiva espacio-temporal y enfoque sistémico sociedad-ambiente (Weichselgartner y Kelman, 2014: 2-4).

Toda entidad tiene un grado de vulnerabilidad y uno de resiliencia. Ambos son manifestaciones de una variedad de procesos de respuesta a cambios, generalmente extremos, en la relación entre sistemas abiertos dinámicos y su ambiente externo. El grado y características de la vulnerabilidad, la resiliencia y sus interacciones dependen del contexto y de la forma de percibirlo. La resiliencia, como concepto sombrilla, provee la oportunidad de analizar las interacciones entre dominios, subsistemas y escalas (Weichselgartner y Kelman, 2014: 5-6).

En las fases de liberación y reorganización es cuando el sistema socio-ecológico se vuelve más vulnerable al cambio, ya que es precisamente en estas fases cuando los efectos de los vínculos entre el sistema socio-ecológico de interés y los sistemas en otras escalas llegan a ser más pronunciados (Peterson *et al.* 1998, Adger *et al.*, 2005, citados en Walker *et al.*, 2006). La pérdida o disminución de capitales durante la fase de liberación restringe las opciones de reorganización para transitar hacia una nueva fase de crecimiento (r). Cuando las limitantes de capitales es severa, entonces el sistema socio-ecológico puede transitar hacia esquemas estables de pauperización conocidos como “trampas de pobreza”. Los dominios social y ecológico de los sistemas socio-ecológicos pueden ser considerados en un marco conceptual y teórico común (Walker *et al.*, 2006). La adaptación del sistema socio-ecológico está determinada en primera instancia por la cantidad absoluta y relativa de todas las formas de capital: social, humana, financiera, física y natural; incluso, se puede agregar el capital político; así como por el sistema de instituciones y gobernanza, también llamados estructuras y procesos (Walker *et al.*, 2006).

Es sorprendente que, a pesar de tener décadas de que el concepto de resiliencia es abordado en las ciencias sociales, principalmente por la geografía, los términos poder, gobernanza y capital social aún no jueguen un papel importante en las aproximaciones teóricas y prácticas para incrementar la resiliencia. Construir la resiliencia, en especial con un enfoque geográfico, implica la oportunidad de incorporar elementos no estudiados previamente, conocer mejor el proceso histórico y socio-político que crea y mantiene la vulnerabilidad social, así como desarrollar proyectos de intervención que orienten a las ciudades y sociedades hacia caminos menos vulnerables (Weichselgartner y Kelman, 2014: 9-12).

Hopkins y Drago (2008: 2-5) señalan que la resiliencia y una economía local más fuerte no significan poner un alambrado alrededor de nuestros pueblos y ciudades impidiendo que nada ingrese o salga de ellos, si no estar más preparados para un futuro sin derroche, con mayor autosuficiencia y priorizando lo que sea de producción local frente a lo importado. Mencionan que hay tres características fundamentales para que un sistema tenga la capacidad de reorganizarse luego de sufrir perturbaciones, de acuerdo con estudios sobre los factores que componen la resiliencia de los sistemas: diversidad, modularidad y realimentación.

- **Diversidad** se refiere al número de elementos que componen un sistema en particular, ya sean personas, especies, empresas, instituciones o recursos alimentarios. La resiliencia de un sistema no sólo está dada por el número de las especies que conforman esta diversidad, sino también por el número de conexiones entre ellas. La diversidad también se refiere a la diversificación de funciones en nuestras propias poblaciones (en vez de depender de otros, por ejemplo, el turismo o la minería), y asimismo a una diversidad de posibles respuestas a los distintos desafíos, lo cual nos lleva a una mayor flexibilidad. La diversidad en el uso de la tierra –fincas, huertas, granjas, acuicultura, jardines forestales, plantaciones de árboles de frutos secos, etc.– es clave para la resiliencia de la población, y su desgaste durante los últimos años ha ido en paralelo al aumento de los monocultivos, que representan por definición una ausencia total de diversidad.
- Otro significado de la diversidad es el de la diversidad entre los sistemas. El conjunto exacto de soluciones que funcionen de manera adecuada en un sitio, no necesariamente funcionará en otros lugares. Cada comunidad debe encontrar sus propias herramientas, estrategias y respuestas. Esto es así por dos motivos: en primer lugar, porque las soluciones de arriba hacia abajo suelen ser superfluas, redundantes o inútiles dado que a la distancia se desconocen las condiciones locales y el conocimiento necesario para responder a ellas. Y, en segundo término, porque la construcción de la resiliencia se logra trabajando para producir pequeños cambios en muchos sectores o nichos mediante numerosas pequeñas intervenciones, y no con pocas acciones de gran envergadura.
- El término **modularidad**, según los ecólogos Brian Walker y David Salt, se refiere a “la manera en que se vinculan los componentes de un sistema”. La naturaleza sobredimensionada de los modernos sistemas de redes altamente interconectados permite que los golpes viajen rápidamente a través de ellos con potenciales efectos desastrosos. Una estructura más modular significa que las partes de un sistema puedan reorganizarse más efectivamente en la eventualidad de un golpe o perturbación. Maximizar la modularidad con mayores conexiones internas reduce la vulnerabilidad de las grandes redes. Los sistemas

locales de alimentación, los modelos locales de intercambio de bienes y servicios, etc., aumentarán la modularidad y significan que podemos interactuar con todo el mundo, pero desde la ética del trabajo en red y la información compartida, no de la mutua dependencia.

- **Realimentación** se refiere a la rapidez y la fortaleza con que se manifiestan los cambios en una parte del sistema, y se sienten las consecuencias o surgen las respuestas en otras partes del mismo sistema. Walker y Salt señalan: “El gobierno centralizado y la globalización pueden debilitar la retroalimentación, y como la retroalimentación (*sic*) se retrasa, hay mayores posibilidades de cruzar umbrales peligrosos sin detectarlos a tiempo”. En un sistema más local los resultados de nuestras acciones son siempre más evidentes.

En un sistema resiliente, los nodos individuales (personas, empresas, comunidades y también los países enteros) son capaces de obtener apoyo y recursos de otros lugares, pero, asimismo, son autosuficientes como para satisfacer sus necesidades esenciales ante una emergencia. Sin embargo, en nuestra carrera hacia la hiper comunicación y la globalización de todas las redes económicas y tecnológicas del mundo, nos hemos olvidado de la segunda parte de este postulado (Homer-Dixon, 2006). El gran problema de una organización viviente, cualquiera que sea, no sólo es el de “funcionar”, sino también el de ser capaz de afrontar los errores, las incertidumbres, los peligros, es decir, disponer de aptitudes estratégicas y evolutivas. Lo importante no sólo es adaptarse, sino aprender, inventar, crear (Morin, 2002). Pigem (2010: 56-57) plantea:

- Un mundo sostenible es un mundo solidario y sin fronteras, pero basado en la diversidad biocultural y en la autonomía y la resiliencia local... Es parte de la sabiduría tradicional de muchas culturas constatar que la plenitud va ligada no al cuanto mejor sino al justo medio... La misma idea está presente en las palabras de un jefe indígena norteamericano (Micmac) dirigidas a los colonos blancos “aunque os parecemos miserables, nos consideramos más felices que vosotros, pues estamos satisfechos con lo que tenemos”.

Conclusiones

Para la construcción de resiliencia es fundamental tomar en consideración a los agentes sociales desde el punto de vista de sus prácticas, conocimientos semánticos (imaginarios sociales), costumbres, normas, usos (capital cultural),

relaciones de poder basados en objetos materiales y en posiciones. Las prácticas sociales nos pueden llevar a reducir o aumentar la resiliencia. Como ejemplo, la corrupción reduce la resiliencia y por el contrario la cohesión social aumenta la resiliencia.

La resiliencia urbana puede ser una propiedad emergente del sistema-ciudad, vista como sistema socio-ecológico, donde ésta surge sólo a través de las interacciones de sus componentes, por lo cual una estrategia para incrementar la resiliencia urbana no puede descansar sólo en la resiliencia individual de sus componentes, sino que tiene que enfocarse en las interacciones. “La resiliencia requiere de enfoques diferentes para explicar la relación dinámica entre los impactos y factores de stress y los resultados de bienestar”. Uno de esos enfoques es a través de sistemas complejos adaptativos que exhiben características de dependencia histórica, cambios discontinuos, múltiples equilibrios y no-linealidad (FSIN, 2014: 9).

Aumentar la resiliencia implica plantear cuáles serían las mejores prácticas (Hopkins y Drago, 2008). Las prácticas sociales nos pueden llevar a reducir o aumentar la resiliencia. Sin embargo, éstas no se reproducen por sí mismas; los agentes sociales las reproducen; y, desde el punto de vista de la Teoría de la Estructuración, se considera que los agentes sociales siempre pueden actuar de modo distinto a cómo actúan (Giddens y Turner, 1998).

Giddens distingue entre estructura y sistema. La estructura o propiedades estructurales es el conjunto de reglas y recursos que los agentes emplean conforme producen y reproducen la sociedad en sus actividades. El sistema corresponde a los patrones visibles de las relaciones en sociedad (Andrade, 1999; Giddens y Turner, 1998). Las reglas son las prácticas y los conocimientos que comparten los actores pueden ser semánticas (significados) o normativas (costumbres, usos, normas, etc.). Los recursos generan el poder que sustenta la habilidad de las personas para efectuar cambios en sus circunstancias sociales. Giddens clasifica estos recursos en dos tipos: distributivos u objetos materiales, los cuales permiten a la gente hacer cosas; y los autoritativos o hechos no materiales (posiciones) que permiten ejercer mando sobre otros seres humanos. En conjunto, las reglas y los recursos dejan a las personas actuar, hacer cosas, producir diferencias en el mundo social (Andrade, 1999).

Morin (1984) señala que es preciso abrir una brecha en las clausuras territoriales de las disciplinas, multiplicar intercambios y comunicaciones,

para que todas estas andaduras hacia la complejidad confluyan y para que, por fin, podamos concebir no sólo la complejidad de toda realidad (física, biológica, humana, sociológica, política), sino la realidad de la complejidad. Además, menciona que hace falta ver la complejidad allí donde ella parece estar, por lo general, ausente, como, por ejemplo, en la vida cotidiana.

El desarrollo no se puede manifestar más que ahí en donde están y viven las personas, es decir, localmente. En otros términos, o se traduce en el mejoramiento de las condiciones inmateriales y materiales de la vida de los habitantes, creándoles las oportunidades para su realización, o se termina en un fracaso (Sachs, 1981).

El 30 de enero de 2012, previo a la Conferencia de Desarrollo Sostenible de Río+20, la Secretaría General de las Naciones Unidas presentó el documento del panel de expertos en Sustentabilidad Global intitulado “Personas Resilientes, Planeta Resiliente: el futuro que queremos”, cuyo título resalta la importancia de la resiliencia a pequeñas escalas para pensar en un planeta resiliente. Entonces, lo deseable es fortalecer la resiliencia local pero con enfoque general, mediante el análisis y las acciones de intervención a partir de estudios de resiliencia local específica, pero con una visión integral y bajo principios interdisciplinarios.

Pensar en aumentar la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos locales implica considerar la panarquía, dinámica de los sistemas complejos adaptativos, y concluir que para ello será necesario llevar a cabo profundas transformaciones a nivel de las prácticas económicas y financieras globales, y del modelo económico neoliberal que ha fomentado una cultura de consumo excesivo que rebasa por mucho los umbrales de lo necesario para el bienestar humano.

Bibliografía

- Andrade, Alfredo, 1999: “La fundamentación del núcleo conceptual de la Teoría de la Estructuración de Anthony Giddens” en *Sociológica* 14(40), 125-149, México, D.F.: Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco.
- Balanzó, Rafael, 2007: *De la sostenibilidad urbana a la resiliencia urbana: los barrios de El Coll y de Vallcarca colindantes con el Parque de Tres Turons en Barcelona*, Barcelona: Tesis de Doctorado en Sostenibilidad, Instituto Universitario de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Beichler, Simone, Hasibovic, Sanin, Davidse, Bart, y Deppisch, Sonja, 2014: “The role played by social-ecological resilience as a method of integration in interdisciplinary research” en *Ecology and Society* 19(3), 4.
- Birkmann, Jörn, 2006: “Measuring vulnerability to promote disaster-resilience societies:

- conceptual frameworks and definitions”, en Birkmann, Jörn. (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies*, New Delhi, India: Teri Press.
- Calvente, Arturo, 2007: *Ciclo de renovación adaptativa, Argentina: Universidad Abierta Iberoamericana*, consultado el 11 de octubre de 2014 en <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/cs/UAIS-CS-200-004%20-%20Renovacion%20adaptativa.pdf>
- Cardona, Omar, 2001: *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*, Barcelona: Tesis de Doctorado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de caminos, canales y puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Folke, Carl, 2006: “Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analysis” en *Global Environmental Change* 16(3), 253-267. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002.
- FSIN Food Security Information Network, 2014: *Resilience Measurement. Principles toward an agenda for measurement design*. Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Food Programme (WFP).
- Giddens, Anthony y Turner, Jonathan, 1998: *La teoría social hoy*, Madrid: Alianza.
- Glosario de la Complejidad, s/f: *Edgar Morin: el padre del pensamiento complejo*, consultado el 10 de diciembre de 2014 en <http://www.multiversidadreal.edu.mx/images/descargas/glosario-de-la-complejidad.pdf>
- Holling, C.S. y Gunderson, Lance, 2002: “Resilience and Adaptative Cycles” en Gunderson, Lance y C.S. Holling (Eds.): *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems* (25-62), EE. UU.: Island Press.
- Holling, C. S., Gunderson, Lance y Peterson, Garry, 2002: “Sustainability and Panarchies” en Gunderson, Lance y C.S. Holling (Eds.): *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems* (63-102), EE. UU.: Island Press.
- Homer-Dixon, Thomas, 2006: *The Upside of Down: Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization*, Washington: Island Press.
- Hopkins, Rob y Drago, Horacio (Trad.), 2008: “Por qué reconstruir la resiliencia es tan importante como reducir las emisiones de carbono” (trad.) en *The transition handbook*, consultado el 2 de diciembre de 2014 en <https://sites.google.com/site/argentinaentransicion/biblioteca/manual-pdf>
- Leff, Enrique, 2004: *Saber ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad y poder* (4ª Ed.), México: Siglo XXI, PNUMA y UNAM.
- López-Marrero, Tania y Tschakert, Petra, 2011: “From theory to practice: building more resilient communities in flood-prone areas” en *Environment & Urbanization*, 23(1), 229-249. DOI 10.1177/0956247810396055.
- Morin, Edgar, 1984: *Ciencia con conciencia*, Barcelona: Anthropos.
- Morin, Edgar, 2002: *El Método II: La vida de la Vida*, Madrid: Cátedra.
- Montuori, Alfonso, 2008: “Edgar Morin’s path of complexity” en Morin, Edgar: *On Complexity (Foreword)*, New Jersey: Hampton Press.
- Pendall, Rolf, Foster, Kathlyn y Cowell, Margaret, 2007: *Resilience and Regions: Building understanding of the metaphor*, Berkeley: Working paper of The Institute of Urban and Regional Development.
- Pigem, Jordi, 2010: *Buena crisis. Hacia un mundo postmaterialista* (2ª edición), Barcelona: Editorial Kairos.
- ¿Qué es el pensamiento complejo?, s/f: *Edgar Morin: el padre del pensamiento complejo*, consultado el 10 de diciembre de 2014 en <http://www.multiversidadreal.edu.mx/que-es-el-pensamiento-complejo.html>
- Raskin, Paul, 2006: *World Lines. Pathways, Pivots, and the Global Future*, Boston: Tellus Institute.
- Reyes, Rodolfo, s/f: *Introducción general al pensamiento complejo desde los planteamientos de Edgar Morin*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, consultado el 10 de diciembre de 2014 en <http://www.javeriana.edu.co/cua/apel/Introducci%F3n%20al%20Pensamiento%20Complejo.pdf>

- Rodríguez, Leonardo y Leónidas, Julio, 2011: "Teorías de la complejidad y Ciencias Sociales: Nuevas estrategias epistemológicas y metodológicas" en *Nómadas*. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas 30, Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Rohleder, Jennifer, 2007: "The Upside of Down: Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization by Thomas F. Homer-Dixon, Island Press Book Review" en *Sustainable Development Law & Policy* 7(2).
- Sachs, Ignacy, 1981: "Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos" en *Agricultura y Sociedad* 18, 9-32.
- SARAS South American Institute for Resilience and Sustainability Studies, s/f: *Fundamentos teóricos*, consultado el 8 de enero de 2015 en <http://www.saras-institute.org/investigacion/investigacion.html>
- Schianetz, Karin y Kavanagh, Lydia, 2008. "Sustainability Indicators for Tourism Destinations: A Complex Adaptive Systems Approach using Systemic Indicator Systems" en *Journal of Sustainable Tourism* 16(6), 601-628.
- Stiglitz, Joseph, 2006: *El malestar en la globalización*, México: Taurus.
- Walter, Brian y Salt, David, 2012: *Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*, Washington: Island Press.
- Walker, Brian, Gunderson, Lance, Kinzig, Ann, Folke, Carl, Carpenter, Steve y Schultz, Lisen, 2006: "A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems" en *Ecology and Society* 11(1), 3.
- Weichselgartner, Juergen y Kelman, Ilan, 2014: "Geographies of resilience: Challenges and opportunities of a descriptive concept" en *Progress in Human Geography*. DOI: 10.1177/0309132513518834
- Yamin, Luis, Ghesquiere, Francis, Cardona, Omar y Ordaz, Mario, 2013: *Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre. El caso de Bogotá, Colombia*, Bogotá: Banco Mundial y Universidad de los Andes.