

Anahí Urquiza Gómez et Hugo Cadenas

Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica

Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique

Anahí Urquiza Gómez et Hugo Cadenas, « Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica », *L'Ordinaire des Amériques* [En ligne], 218 | 2015, mis en ligne le 05 juillet 2015, consulté le 15 juillet 2015. URL : <http://orda.revues.org/1774>

Éditeur : Université de Toulouse 2 - Le Mirail; Institut pluridisciplinaire pour les études sur les Amériques à Toulouse (IPEAT)

<http://orda.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :

<http://orda.revues.org/1774>

Document généré automatiquement le 15 juillet 2015.

© Tous droits réservés

Anahí Urquiiza Gómez et Hugo Cadenas

Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica

Introducción

- 1 En la literatura internacional, el fenómeno de la escasez hídrica no se estudia exclusivamente como un fenómeno natural, sino que se reconoce, identifica y analiza también su dimensión social. Algunos autores que destacan los factores socioculturales que influyen en la configuración de dicha escasez hablan, por ejemplo, de una escasez hídrica “socialmente construida” (Mehta 2007). Por otro lado, a la hora de estudiar el grado de vulnerabilidad que experimentan los distintos grupos sociales frente a fenómenos naturales, se reconoce la variedad de los factores que influyen en este aspecto. Además de los factores externos o “naturales”, que incluyen la disponibilidad y distribución del recurso hídrico, haciendo referencia a las condiciones biofísicas, se identifica una serie de condiciones socioculturales que afectan la capacidad de control y la potencialidad de recuperación de un determinado grupo social frente a una amenaza externa (Adger & Kelly 1999). Teniendo esto en mente, se hace necesario con urgencia mejorar la comprensión de la escasez hídrica y las situaciones de vulnerabilidad que ésta provoca para comunidades rurales y urbanas. En este contexto, dicha comprensión del fenómeno precisa de una mirada interdisciplinaria, que responda a la complejidad del problema, considerando la interdependencia entre condiciones biofísicas y socioculturales.
- 2 A pesar de que gran parte de nuestro planeta está cubierto de agua, los recursos hídricos disponibles para el ser humano son limitados y se encuentran distribuidos geográficamente de forma desigual. Se estima que en la actualidad cerca de un tercio de la población mundial vive bajo algún tipo de estrés hídrico y que esta población podría llegar a los dos tercios en el año 2025 (Mauser 2010). En América Latina la situación es especialmente preocupante en determinadas regiones y con situaciones de disponibilidad desigual muy marcadas. Chile es un buen ejemplo de esto, mientras en el sur del país la disponibilidad es abundante, en el norte encontramos una disponibilidad limitada. La zona norte de Chile, una de las zonas más áridas del mundo, enfrenta importantes situaciones de estrés hídrico que se ven acentuadas por una explotación intensiva de sus acuíferos y aguas superficiales por parte de actividades mineras, agrícolas, industriales y de servicios sanitarios urbanos. Paralelamente, las proyecciones para esta zona en el marco del cambio climático establecen un posible recrudescimiento de la escasez, debido al aumento de temperaturas y la disminución de las precipitaciones proyectadas. Como consecuencia, se han identificado múltiples situaciones de vulnerabilidad, tanto a nivel rural como urbano (CEPAL 2008; CONAMA 2008; AGRIMED 2008; DGA 2007). A esto se suma un mecanismo de mercado para la gestión del agua que ha demostrado tener enormes falencias (Chile Sustentable 2010; Bauer 2003; Donoso 2003; Hernández 2006; Núñez & Soto 2010; Gentes 2007; CEPAL 2008; SAMTAC-CEPAL 2000).
- 3 En este contexto, la investigación en ciencias sociales en torno a los problemas ecológicos en general y la vulnerabilidad hídrica en particular, se encuentra en un punto crucial que demanda tomar decisiones respecto de su desarrollo. El problema de la vulnerabilidad hídrica hace necesario reposicionar el debate de estas disciplinas en torno a las herramientas teóricas que sirven de trasfondo. En el presente trabajo explicaremos de manera sintética algunos elementos conceptuales del estudio de sistemas sociales y ecológicos teniendo en vista el desarrollo de nuevas perspectivas para la investigación sobre vulnerabilidad hídrica. En este sentido, consideramos fundamental el desarrollo de perspectivas complementarias que permitan el diálogo interdisciplinario, ya que nuestro trabajo tiene como trasfondo el problema de vulnerabilidad hídrica y se concentra en observar la relación entre un sistema social específico y su entorno ecológico, donde se identifica una amenaza de escasez de agua. Con

este objetivo, y a partir de una discusión conceptual, identificamos tanto los elementos críticos que permiten identificar condiciones de vulnerabilidad hídrica. Toda la presente discusión se desarrolla intentando conciliar los desarrollos de la teoría de los sistemas complejos adaptativos (SCA) y la teoría de los sistemas sociales autopoiéticos (SSA).

4 En el siguiente apartado (I), comenzaremos nuestra discusión enmarcando la propuesta teórica que presentaremos en la construcción social de lo ambiental. En el apartado II abordaremos los elementos principales para comprender los sistemas socio-ecológicos. A continuación, en el apartado III, analizaremos el concepto de resiliencia y sus componentes relacionados. En el apartado IV, nos ocuparemos del problema de la capacidad de adaptación de los sistemas socio-ecológicos y propondremos una definición de adaptación y vulnerabilidad hídrica. El texto finaliza (apartado V) con reflexiones generales en torno a la discusión teórica aquí presentada.

I/ Construcción social de lo ambiental

5 Durante las últimas décadas del siglo XX se desarrolló un profundo cuestionamiento en diferentes disciplinas científicas al positivismo y la pretensión de objetividad del conocimiento científico. Hay múltiples aproximaciones en este contexto, algunas de ellas fruto del propio desarrollo de las "ciencias naturales" donde se problematizaron los procesos de percepción de las personas y los límites que los diferentes sentidos tienen para acceder a "la realidad", limitando la posibilidad de recurrir a esa realidad para validar las explicaciones científicas. Representantes de la Teoría General de Sistemas, como Heinz Von Foerster, Francisco Varela y Humberto Maturana (Brandão 2012), realizaron importantes contribuciones en esta línea. Lo fundamental para estas posturas es la explicación del proceso del conocer y los límites que tiene el conocimiento, donde se entiende que el observador es central en la construcción de lo que es observado (Maturana 1990). Paralelamente, en el marco de las ciencias sociales, el célebre trabajo de Berger y Luckmann "La construcción social de la realidad" (1966) funda la corriente conocida como construccionista, donde se establece que el conocimiento es producto de interacciones sociales. En este marco se desarrollaron gran parte de las ciencias sociales y humanas en la segunda mitad del siglo XX.

6 La identificación de problemas ambientales se entiende también en el marco de esta problematización del conocimiento (Blaikie *et al.* 1994). El medio ambiente y las propiedades o problemas que se le atribuyen son fruto de operaciones comunicativas realizadas en la sociedad. Cuando hablamos de sociedad no nos referimos a personas o grupos de ellas, sus pensamientos o cuerpos, sino a la comunicación que se produce entre ellas (Luhmann 1998a). Ciertamente la sociedad no podría existir sin personas, sus cuerpos o pensamientos, pero la sociedad no puede ser reducida a sus partes, pues ella es un sistema de un tipo diferente que se reproduce de manera autónoma. Por esto, es a través de la comunicación que se define lo que es medio ambiente (Luhmann 1998a), a través de ella se identifican sus peligros, riesgos y también lo que se entiende como recurso natural. Esto nos permite comprender cómo hoy en día –gracias a los avances de la ciencia– podemos identificar muchos más problemas que los que eran tematizados hace décadas (ejemplo: dioxinas que contaminan nuestros alimentos o el agua potable, gases que afectan el clima mundial, etc.).

7 En nuestra sociedad, las condiciones biofísicas del entorno son identificadas primariamente a través de las observaciones del sistema científico y sus interacciones con el resto de la sociedad. La sociedad moderna es una sociedad funcionalmente diferenciada y cada subsistema cumple una función para la sociedad, resuelve un problema de referencia y produce una perspectiva de observación. Es así como la economía resuelve el problema de la escasez material de recursos (en una economía monetaria ésta se duplica como escasez de dinero) y ve el mundo como un recurso escaso que debe ser distribuido (Luhmann 2013). La política tiene como función el generar decisiones colectivamente vinculantes y tiene como horizonte el problema del poder para tomar dichas decisiones. La moral divide al mundo entre lo bueno y lo malo, y asume reflexivamente que dicha distinción puede ser, a su vez, buena o mala. Los medios de comunicación de masas tienen por función difundir comunicaciones más allá de los presentes en una interacción (Luhmann 2000). La ciencia tiene como función la generación de conocimientos y quien busca el conocimiento verdadero, posible de vivenciar de

- manera generalizada, tiene a su disposición comunicación científica. Todos estos sistemas son comunicaciones diferenciadas que existen en la sociedad y que no permiten verla de manera unificada, sino como un horizonte de múltiples perspectivas (Nassehi 2011).
- 8 Por este motivo, los problemas ambientales que no son comunicados no existen socialmente y cuando son comunicados suelen ser codificados por alguno de los sistemas funcionales. Un problema ambiental se identifica como una amenaza solo cuando se comunica sobre él (Luhmann 1986), independiente de que pudiese estar presente hace mucho más tiempo en el entorno ecológico. A diferencia de otras comunicaciones sociales, los problemas ambientales tienen una especial sensibilidad en la observación científica, y es en la ciencia donde se buscan las respuestas para enfrentarlos. Sin embargo, estos problemas son, a su vez, también visibles como problemas políticos, legales o económicos, incluso como presagios religiosos. La importancia de la ciencia reside en su capacidad de profundizar en el “conocimiento” del problema ecológico y no, como en otros sistemas, en las ventajas o desventajas, económicas, morales, religiosas, etc. de identificarlos.
- 9 Entre las implicancias de esta perspectiva –junto con asumir los límites del propio conocimiento científico– encontramos que los problemas ambientales actuales se encuentran influenciados por condiciones sociales y culturales en un contexto específico. El aumento de las amenazas de origen natural es producto de la relación entre sociedad y medio ambiente, por lo tanto es posible hablar de riesgos socialmente contruidos (Beck 1986; Luhmann 1998b; Douglas 1996).
- 10 La vulnerabilidad hídrica es por tanto también una construcción social, no solo porque es identificada y comunicada a partir de sus condiciones sociales (en este caso por las condiciones del sistema científico), sino también porque la posición de los diferentes grupos en la sociedad (ej. clase social, género, etnicidad), el acceso que tienen a recursos sociales y naturales, los espacios habitados y las estrategias que pueden realizar para enfrentar problemas ambientales, influyen en la forma en que les afectan los desastres o amenazas atribuidas al medio ambiente (Blaikie *et al.* 1994).
- 11 Si seguimos los planteamientos antes expuestos resulta evidente que la escasez hídrica solo puede surgir cuando es identificada y comunicada por los afectados. Esto no significa que no exista una relación con las condiciones “naturales” de la disponibilidad de agua, identificables y comparables en el tiempo, sin embargo esta relación está condicionada por las posibilidades de observación de la sociedad y también por las valorizaciones y expectativas que en ella están presentes. Escasez es, de este modo, siempre un esquema de comparación que depende de perspectivas adoptadas.
- 12 El problema además de estar condicionado por las posibilidades de observación, está provocado por las mismas operaciones sociales. Por una parte, el uso intensivo de los recursos hídricos ha provocado una escasez dramática en algunos sectores del mundo, pero también el poblamiento de sectores donde una escasez de agua es histórica solo cobra relevancia y se problematiza como escasez cuando existe una demanda por este recurso (cuando se instalan explotaciones mineras, empresas agrícolas o simplemente asentamientos urbanos que requieren ser provistos por servicios sanitarios, por ejemplo). Por otra parte, la escasez de este recurso se relaciona con el uso y consumo de él, ya que cuencas hidrográficas que en siglos anteriores no tenían escasez de agua, hoy sí lo tienen debido a un uso intensivo del recurso y en muchos casos una sobrexplotación. Por lo tanto, parece apropiado hablar de una escasez doblemente construida socialmente, esto es, por observación del recurso y su operación efectiva.

II/ Sistemas socio-ecológicos y acoplamiento estructural

- 13 Esta intrincada relación entre medio ambiente y sociedad ha sido abordada desde múltiples perspectivas, sin embargo, las más importantes y productivas han sido aquellas provenientes de las tradiciones sistémicas. Entre ellas se cuentan los relevantes desarrollos teóricos en el marco del enfoque de los sistemas complejos adaptativos (Buckley 1968; Holland 1992, 2006; Gell-Mann 1994; Gunderson & Holling 2002), dentro de esta perspectiva los sistemas socio-ecológicos (Holling 2002; Norbert & Cumming 2008; Ostrom 2009; Rappaport 1977), y

- paralelamente los sistemas sociales autopoiéticos (Luhmann, 1998a, 2007; Maturana & Varela 1984). El enfoque de los sistemas socio-ecológicos entiende a éstos como un entramado de relaciones en torno a recursos que son necesarios para la vida humana, donde interactúan variables sociales y ambientales (Ostrom 2009), por este motivo, no se trata solamente de un sistema que se estructura en torno a un problema ecológico, sino que considera también sistemas sociales humanos que interactúan en un espacio determinado.
- 14 Estas perspectivas además entregan interesantes herramientas para el trabajo interdisciplinario ya que todas ellas provienen, ya sea de la teoría general de sistemas (Ashby 1957; Wiener 1979) la que propone desarrollar un paradigma interdisciplinario, o de la cibernética de segundo orden (Von Bertalanffy 1976; Von Foerster 2003) donde se comprenden los sistemas complejos como conjuntos de elementos que interactúan entre sí en diferentes niveles, con diferentes grados de autonomía y con propiedades auto-organizativas.
- 15 Desde esta triple perspectiva, al observar la relación entre sistema y entorno, se identifica que los sistemas complejos son capaces de percibir sus entornos y reaccionar a ellos, pero estos entornos no tienen la posibilidad de controlar o dirigir cambios al interior del sistema, en este sentido son autónomos (Holland 1992; Cumming 2011; Luhmann 1998a). Vistos los sistemas socio-ecológicos (en adelante SSE) como sistema complejo adaptativo (en adelante SCA) y utilizando los aportes de la teoría de sistema social autopoiético (en adelante SSA), es posible indicar que la capacidad del SSE para reaccionar a su entorno dependen de los mecanismos de auto-organización que responden a las condiciones previas del sistema, a partir de las cuales puede modificar su propia estructura. Lo que sucede en el sistema es producto del quehacer del propio sistema y no del entorno, pero debido a esto mismo es que los sistemas pueden ser “vulnerables” ante su entorno. Esto que corresponde casi a un truismo en la teoría de los SSA, no ha sido suficientemente explorado por el enfoque de los SCA. A pesar de esto, los cambios en los sistemas desde dicha postura se observan como estados emergentes que pueden responder a diferentes *atractores* o estados de estabilidad auto-organizada llamadas cuencas de atracción (Gunderson & Holling 2002).
- 16 En este contexto es clave el problema de la definición del sistema: ¿cómo diferenciamos entre sistema y entorno? En la tradición sistémica hay diversas alternativas, por ejemplo identificar un sistema a través de su identidad (Holland 2006) a través de la cohesión entre sus componentes (Collier & Hooker 1999), la mantención de la relación entre sus principales componentes (Cumming & Collier 2005) o desde la teoría de SSA, la identificación de un sistema es fruto de la realización de una distinción, de la aplicación de una diferencia en base a niveles de complejidad, i.e. un sistema es siempre menos complejo que su entorno y por ende traza un límite respecto de él y a partir de él se auto-organiza (Luhmann 1998a). En el contexto de los SCA, un sistema socio-ecológico refiere a la interacción regular entre factores biofísicos y sociales, con propiedades emergentes, y capacidad auto-organizativa (Norberg & Cumming 2008; Folke *et al.* 2005). Los diferentes elementos y sus interacciones generan dinámicas observables y procesos adaptativos a partir de su auto-organización (Gunderson & Holling 2002).
- 17 Entonces, para comprender el comportamiento de los sistemas socio-ecológicos es necesario clarificar la relación entre sistema social y el entorno ecológico con el que se relaciona. Según SSE, los sistemas sociales se mantienen gracias a un constante intercambio de materia, energía e información con su medio ecológico, por lo tanto se mantiene una estrecha relación entre sociedad y ambiente. Esas relaciones y los procesos asociados a ella, pueden dar lugar a modificaciones en el funcionamiento o la estructura del sistema social debido a cambios en el entorno ecológico (Gallopín 2006), como también las operaciones sociales generan cambios en sus entornos ecológicos. Esta idea es tributaria del concepto de “sistemas abiertos” del programa original de la teoría general de sistemas (Von Bertalanffy 1976; Rodríguez & Arnold 1991), la cual señala que la viabilidad de un sistema depende de un flujo incesante (pero selectivo) de inputs de materia, energía e información provenientes del entorno. Gracias a estos inputs, los sistemas pueden mantenerse negando temporalmente la tendencia hacia la entropía. Los sistemas producen entropía negativa para mantenerse como un orden en un entorno que tiende al desorden.



- 18 Paralelamente, si se siguen los desarrollos actuales de la teoría de SSA (Luhmann 1998a), se entiende que los sistemas sociales son sistemas cerrados respecto de la comunicación. Esto no implica, por supuesto, que sean independientes de flujos de materia y energía, pero sí excluye que la información sea algo que esté, por así decir, “dado” en el entorno y que el sistema deba introducirlo. La información es un valor del sistema social y gracias a ella se constituye la comunicación, por tanto ésta es autoconstruida.
- 19 Siguiendo esta indicación parece pertinente introducir una modificación en la perspectiva de los SCA. Nos referimos específicamente a la idea de la existencia de “intercambios” de información entre sistema y entorno. En su lugar parece recomendable seguir la propuesta de Maturana y Varela (1984) y posicionar al concepto de “acoplamiento estructural” en su lugar. Este concepto deja intacta la concepción de los intercambios de materia y energía entre sistema y entorno, pero excluye el intercambio de información. La información del sistema social se produce en acoplamiento con el sistema ecológico, pero es un producto de las operaciones del sistema social. Es posible hipotetizar que el sistema ecológico pueda operar con información, pero se trata de información que no es social. Sistema y entorno se encuentran en una situación de acoplamiento estructural, pues el sistema opera de manera cerrada respecto de su entorno pero no autárquica respecto de él. Según Maturana y Varela, las interacciones recurrentes entre un sistema y su entorno, se entienden como un acoplamiento estructural, lo cual significa que se mantiene una deriva co-ontogénica entre ellos, la cual permite que se gatillen mutuamente cambios estructurales (Maturana & Varela 1984). El concepto de “estructura” se entiende cuando se añade una distinción adicional a esta explicación, y que se refiere a que la estructura de un sistema es su aspecto variable mientras su “organización” es su estado constante. “Organización” y “estructura” son dos propiedades de todo sistema acoplado a un entorno (Maturana & Varela 1984). Un sistema es viable cuando es capaz de mantener su organización mediante cambios en su estructura. Producto de estas interacciones recurrentes emerge un dominio común de coordinaciones, a partir de los cuales se construyen unidades de órdenes mayores. En nuestro caso, un sistema socio-ecológico es una unidad de orden mayor que está delimitada espacialmente a raíz de estas interacciones recurrentes.
- 20 La proximidad espacial o geográfica permite establecer relaciones entre elementos y a partir de estas interacciones es posible establecer las propiedades del sistema. En este sentido es relevante la ubicación de los elementos del sistema y de sus entornos, la conectividad espacial entre ellos, incluyendo geografía e infraestructura de los espacios donde interactúan sistema social y ecológico (Cumming 2011; Norberg & Cumming 2008). De este modo, además de la delimitación espacial en la identificación de un territorio para el sistema socio-ecológico, es necesario considerar que el entorno del sistema observado (espacios geográficos mayores, sistemas sociales que tienen alcances regionales o mundiales, etc.) también se relaciona con el comportamiento del sistema.
- 21 En el caso de la vulnerabilidad hídrica es posible definir a un sistema socio-ecológico basándose en la delimitación de un territorio donde es posible observar el acoplamiento estructural entre subsistemas sociales y ecológicos, el cual, a su vez, a partir de sus propiedades emergentes puede ser identificado como un SCA. De este modo, es posible observar un sistema socio-ecológico a partir de la relación que en un territorio específico se establece con el recurso hídrico (por ejemplo una cuenca hidrográfica determinada). Determinadas cuencas hidrográficas constituyen un sistema socio-ecológico en tanto exista este tipo acoplamiento recurrente, institucionalizado y observable empíricamente. A raíz de estas interacciones puede ser posible luego identificar características propias del sistema complejo adaptativo, dependiendo del tipo de relaciones observadas en estas interacciones (principalmente su número, temporalidad y selectividad). Dicho de manera simplificada, un sistema socio-ecológico describe la interacción regular entre un sistema social y su entorno, es decir, a un dominio de interacciones recurrentes que caracteriza una praxis específica y delimitada.
- 22 A continuación examinaremos algunos conceptos clave del enfoque de los sistemas socio-ecológicos para entender la vulnerabilidad hídrica, nos referiremos primero al caso de la resiliencia y a partir de ella la relación con la capacidad adaptativa del sistema.

III/ Resiliencia en los sistemas socio-ecológicos

- 23 Cuando se habla de resiliencia en el contexto de los problemas ambientales se suele relacionar con sustentabilidad y por lo tanto con una noción de mantención en el tiempo (Christmann *et al.* 2012). En algunos casos incluso se superponen ambos conceptos. Sin embargo, parece más apropiado especificar este concepto, considerando la resiliencia como una propiedad de un sistema observado.
- 24 La discusión sobre resiliencia comienza en los años setentas con la propuesta de Holling (1973), quien plantea que a partir de este concepto se observe la mantención de un sistema, su capacidad para absorber las perturbaciones de su entorno, incluyendo su capacidad de cambio, pero también la mantención de las relaciones entre sus componentes. Posteriormente, este mismo autor y sus colaboradores han hecho algunos ajustes al concepto, especificando que resiliencia refiere a la capacidad del sistema de absorber perturbaciones, sin que el sistema cambie su estructura básica, pero modificando elementos variables (Gunderson & Holling 2002). La capacidad del sistema para reorganizarse manteniendo sus características esenciales (función, estructura, etc.), se relaciona con la mantención de la identidad del sistema y de sus cuencas de atracción (Walker *et al.* 2004). Sin embargo, un sistema complejo adaptativo presenta múltiples regímenes de estabilidad, por lo tanto no habría solo un punto de equilibrio y es posible que el sistema cambie rápidamente de un régimen de estabilidad a otro (Gotts 2007).
- 25 En concordancia con las perspectivas sistémicas que pretendemos acercar, la resiliencia puede ser vista como una propiedad intrínseca al sistema. El entorno no puede ser resiliente, solo un sistema es resiliente, por lo tanto para hablar de la resiliencia ambiental tenemos que referirnos a la resiliencia del “sistema” social y del “sistema ecológico” o de la relación que surge entre ambos como sistema socio-ecológico. Dicha resiliencia se relaciona con su sensibilidad o irritabilidad, apuntando al grado en que en un sistema se gatillan afectaciones o modificaciones originadas por perturbaciones externas o internas (Gallopín 2006), es decir, fruto de su acoplamiento estructural. Esta definición nos lleva a diferenciar entre las propiedades del sistema y la exposición a una amenaza externa, a pesar de que es empíricamente posible relacionar la resiliencia con amenazas a su capacidad adaptativa. El concepto de resiliencia visibiliza la relación entre un sistema y un entorno específico a partir de su capacidad de reacción a las amenazas que en él se identifican. Para los sistemas socio-ecológicos, se puede indicar como una amenaza tanto a las perturbaciones sociales como a las ambientales, en tanto desatan cambios en algunos de los subsistemas.
- 26 Resiliencia es, de este modo, un esquema de observación del acoplamiento estructural entre un sistema y su entorno, la cual pone el acento en la capacidad de un sistema para responder de manera adaptativa a diversas perturbaciones del entorno. La resiliencia de un sistema depende, por lo tanto, de las variables que se consideren y las propiedades estructurales observables en un sistema. Resiliencia no es mera adaptación, sino más bien una disponibilidad generalizada en el sistema para activar cambios estructurales en diversos ámbitos internos en pro de mantener su viabilidad. Todos los sistemas que se mantienen en el tiempo están en cierto modo adaptados –bien o “maladaptados” como señaló Rappaport (1977)– y todos ellos poseen un acoplamiento estructural con el entorno (de lo contrario desaparecerían), sin embargo no todos los sistemas son resilientes. La resiliencia se observa en un sistema a partir de su historia, de diversos cambios estructurales pasados y su disponibilidad generalizada para aceptar cambios en su estructura cuyo resultado no está aún anticipado. El gatillador externo puede ser actualmente el cambio climático y la influencia que tiene el aumento de temperaturas y la disminución de precipitaciones en la disponibilidad de agua de una cuenca.
- 27 Si bien los sistemas sociales pueden ser descritos como resilientes cuando se les observa con independencia de sus entornos ecológicos, esta resiliencia no se puede sostener en el tiempo si no se observa asimismo lo que sucede en los ecosistemas con los que se relaciona (Folke 2006). Lo mismo vale *mutatis mutandis* para sus aspectos operativos, es decir, el sistema que opera con una resiliencia que ignora lo que sucede en su entorno se pone a sí mismo en peligro. Por este mismo motivo, la observación y evaluación de la resiliencia en los sistemas ecológicos de manera independiente de su relación con los sistemas sociales es igualmente

insuficiente. Debido a esto, en la perspectiva de los sistemas socio-ecológicos se propone observar la resiliencia considerando tanto la dimensión social como la ambiental.

28 En síntesis y en pro de un enfoque integrativo, podemos señalar que gracias al desarrollo de la teoría de sistemas socio-ecológicos y tomando en consideración los demás enfoques teóricos adoptados, es posible establecer un conjunto de elementos claves para la evaluación de la resiliencia en los SCA.

29 Para observar la resiliencia de un sistema complejo adaptativo es necesario conocer: 1. La magnitud del cambio que es soportado por un sistema manteniendo su estado, el que refiere al ancho de su cuenca de atracción (latitud), o dicho de otro modo, su capacidad de cambio estructural con mantenimiento de su organización; 2. La capacidad del sistema para modificar su auto-organización (*resistencia*); 3. La capacidad del sistema de aprender y mejorar sus posibilidades de respuesta (Carpenter et al 2001); 4. El límite o umbral del sistema que al ser cruzado impide la recuperación (*precariedad*), es decir, cuando se alcanza un punto de no-retorno y 5. La posibilidad de influenciar los estados deseados por la dinámica del sistema en sus diferentes niveles (*panarquía*) (Walker et al. 2004). Estos elementos refieren a la mantención de la identidad u organización del sistema, definida a partir de sus componentes, sus relaciones, la mantención en el tiempo y su capacidad de innovación (Cumming et al. 2005). Todas estas propiedades nos permiten delimitar criterios de observación para la resiliencia.

30 Adicionalmente a estos criterios de observación, en el caso de los sistemas socio-ecológicos, y a partir de los elementos identificados como relevantes por diferentes autores (Norberg & Cumming 2008; Tompkins & Adger 2004; Ostrom 1990; Rappaport 1977; Olsson et. al 2004; Cumming 2011), es posible identificar cuatro características específicas que son centrales para mantener la resiliencia del sistema: 1. La diversidad, redundancia y flexibilidad, tanto en el ámbito social como en el ecológico; 2. El alto grado de conectividad entre sus elementos y con sus entornos; junto con la capacidad de las organizaciones y comunidades para colaborar vertical y horizontalmente; 3. La memoria del sistema vinculada a su capacidad para procesar información y aprender; y 4. La capacidad para modificar las estructuras y condiciones del sistema a partir de su auto-organización.

31 A continuación explicaremos cada una de estas características que nos permiten observar la capacidad de mantenimiento de la resiliencia en sistemas socio-ecológicos.

1/ Redundancia, Diversidad y Flexibilidad

32 Uno de los aspectos fundamentales para la resiliencia de un sistema se relaciona con la diversidad de sus elementos. Cuando se enfrentan situaciones inciertas, la variedad de los elementos mejora las posibilidades de enfrentarlas con éxito. Con esto nos referimos a las variedades institucionales, tecnológicas, productivas, biológicas, etc. con las que cuenta un sistema socio-ecológico. Cuando un sistema cuenta con este tipo de diversidad e incluso redundancia de elementos, tiene una mayor flexibilidad y por lo tanto una mejor posibilidad de reacción frente a las perturbaciones del entorno, ya que dicha diversidad le entrega más herramientas para actuar frente a la incerteza o la sorpresa. Esto es fundamental, ya que las estrategias de respuesta deben ser lo suficientemente flexibles para poder adaptarse a los cambios y perturbaciones que el sistema enfrenta (Tompkins & Adger 2004).

33 Rappaport ya identificaba en 1977 la importancia de la sobre-homogenización y sobre-segregación para la relación entre sociedad y ambiente. La creciente especialización en la producción agrícola por ejemplo, produciría una disminución de la estabilidad ecológica, ya que a partir de los monocultivos se desarrollan ecosistemas muy delicados (Rappaport 1977). La baja diversidad conlleva una reducción de la auto-suficiencia del sistema, dejándolo fácilmente sometido a las perturbaciones del entorno (en el caso de los monocultivos, se forman ecosistemas altamente vulnerables frente a cambios climáticos o -a nivel social- cambios en las estructuras de comercialización). Por lo tanto, es posible sostener que la excesiva homogeneidad tiene como resultado la pérdida de flexibilidad, lo que dificulta la capacidad de respuesta del sistema (Cumming 2011). La variedad de conocimiento y experiencia en torno a la relación con el medio ambiente, puede también mejorar las estrategias

para enfrentar los cambios, en este contexto también es importante la capacidad de innovación de los sistemas (Cumming 2011), ya que permite aumentar la diversidad interna y con ello la flexibilidad del sistema.

34 La idea de la variedad de un sistema resiliente, se deriva de los planteamientos de la cibernética de los años cincuenta. Mediante la famosa “ley de la variedad necesaria”, Ashby (1957) sostenía que los sistemas complejos sólo pueden responder a la variedad de sus entornos generando su propia variabilidad interna. Posteriormente, Luhmann (1998a) ha profundizado sobre este mismo punto en el contexto de una teoría de SSA, para indicar las necesidades que enfrentan los sistemas sociales para responder a sus entornos generando su propia complejidad interna.

2/ Conectividad, Colaboración y Acción Colectiva

35 En los estudios sobre resiliencia en sistemas socio-ecológicos se ha identificado que tanto la fragmentación ecológica como la fragmentación social disminuyen las posibilidades de reacción del sistema, ya que los fragmentos aislados carecen de conectividad disminuyendo el acceso a diversidad social y ecológica. Esto es particularmente dramático en situaciones de escasez hídrica. La conexión entre diferentes actores sociales y la creación de redes – entendidas como conexiones estables en el tiempo– permitiría crear oportunidades de nuevas interacciones y por lo tanto acceso a mayor diversidad de recursos sociales y ecológicos. Esto sería fundamental para lidiar tanto con la incerteza frente a amenazas, como para enfrentar cambios y perturbaciones que enfrenta el sistema (Folke *et al.* 2005). De este modo, la ampliación y consolidación de las redes sociales, tanto a nivel local como a escala nacional, regional o internacional contribuyen al aumento de la resiliencia mediante el aumento de la conectividad y diversidad (Olsson *et al.* 2004).

36 En este contexto también se considera importante la relación entre los grupos locales y las organizaciones de mayor alcance territorial, ya que esto permitiría que las regulaciones o instituciones que se diseñan a nivel nacional o regional sean más acordes con las condiciones locales (Tompkins & Adger 2004). Además, esto permite paralelamente aprovechar el conocimiento de las comunidades que están en directa relación con el medio ambiente. Esto ha sido entendido mediante el concepto de “instituciones policéntricas”, el cual hace referencia a esta condición que en algunos casos podría generar redundancia pero que, no obstante, permite enfrentar las perturbaciones y cambios en diferentes niveles (Folke *et al.* 2005). Los puentes entre organizaciones y actores locales con organizaciones que actúan en otras escalas (nacionales, por ejemplo) podrían generar oportunidades para acceder a nuevos recursos o conocimientos. En este contexto, se subraya la importancia de la colaboración vertical y horizontal, es decir las conexiones y redes que se establecen para aprovechar recursos y conocimientos comunes, tanto entre diversos actores (*stakeholders*) de una comunidad como con actores que son parte de un nivel mayor, pero que tienen algún tipo de relación vertical con la comunidad (organizaciones del Estado, universidades, etc.) (Folke *et al.* 2005).

37 Esta idea de la conectividad se puede desarrollar mediante el concepto de inclusión/exclusión de la teoría de SSA (Luhmann 2007). Siguiendo esta línea de trabajo, es posible explicar que, por ejemplo, los grupos socialmente excluidos tienden a ser más vulnerables a diversos tipos de perturbaciones, como señala a su vez la teoría de los SCA (Cumming 2011). Esto se debe a que carecen de conectividad en términos sociales (como acceso a servicios, redes de apoyo, etc.). Es frecuente que las redes sociales se construyan en relación a redes ecológicas y recursos naturales, por lo que las redes sociales en muchos casos se pueden vincular a patrones espaciales (Cumming 2011).

38 Finalmente, es necesario destacar que uno de los aspectos en torno a lo que mayor consenso existe respecto de la relación ambiente-sociedad, refiere a la importancia de la capacidad para actuar colectivamente. La acción colectiva refiere a la coordinación entre individuos para alcanzar un objetivo común (Ostrom 1990). El acceso a recursos naturales requiere de la coordinación entre individuos, fundamentalmente para lograr un acceso más sustentable y equitativo. El trabajo conjunto, las redes de apoyo y la participación en las decisiones son elementos claves para aumentar la resiliencia (Tompkins & Adger 2004). Específicamente, en

relación a las posibilidades de respuesta al cambio climático por ejemplo, se ha destacado la relevancia de los recursos comunitarios para responder a los efectos del cambio climático y tomar decisiones colectivas para lograr una mejor resistencia a largo plazo. Sin embargo estas ideas carecen de una teoría política que señale las limitaciones del medio de comunicación del poder y la capacidad que tiene un sistema político para generar decisiones colectivamente vinculantes, todo ello es posible de explorar desde el enfoque de la TSSA (Luhmann 2007).

3/ Memoria socio-ecológica y Aprendizaje

39 Otro de los elementos importantes para la resiliencia del sistema lo constituye su capacidad para aprender sobre su relación con el entorno y sobre la relación entre los sistemas sociales y ecológicos. Para esto es clave lo que se ha llamado la “memoria socio-ecológica” (Folke *et al.* 2005; Olsson *et al.* 2006). Bajo este concepto se aglutinan los diferentes conocimientos que se tienen en un sistema social acerca del entorno ambiental con el que se relaciona, cómo este ha sido afectado por cambios en el entorno y las diversas estrategias de adaptación que se han desarrollado.

40 Esta capacidad para almacenar conocimientos y mantenerlos disponibles en el sistema, refiere a un aprendizaje compartido, ya que a partir de él se reformulan perspectivas para incorporar nuevos conocimientos y recordarlos a través del tiempo (Nykvist 2012). Estos conocimientos refieren a contextos formales (conocimiento científico) e informales (conocimiento popular), los que son considerados para la toma de decisiones. En algunos casos estos conocimientos se comparten en la comunidad en general, pero en otros solo cierto sector de la población puede acceder (Saterfiel *et al.* 2013).

41 La capacidad para capturar experiencias sobre cambios, perturbaciones y estrategias de adaptación exitosas o fallidas es configurada por las posibilidades de discusión e incorporación de conocimientos en diferentes niveles para la toma de decisiones (Folke *et al.* 2005). En definitiva, visto desde la TSSA la memoria socio-ecológica se relaciona con las estructuras sociales que definen las posibilidades de recordar y olvidar acontecimientos específicos y los conocimientos en torno a ellos, específicamente en los relativo a la relación del sistema social y su entorno ecológico (Luhmann 2007).

42 La memoria socio-ecológica permite conectar acontecimientos pasados con el presente y con las expectativas y amenazas futuras (Folke *et al.* 2005). La diversidad en este tipo de conocimientos es fundamental para la resiliencia del sistema, ya que permite desarrollar innovaciones para enfrentar en mejores condiciones nuevas amenazas y cambios del sistema. La configuración y alcance de esta memoria se relaciona también con el nivel de conectividad y colaboración tanto vertical como horizontal, ya que una mayor conectividad permite incorporar conocimientos de diferentes niveles a la memoria socio-ecológica de los sistemas y, asimismo, permite alcanzar un mayor aprendizaje colectivo durante los procesos de cambio.

4/ Auto-organización y Gobernanza de los cambios sistémicos

43 La cuarta propiedad que resulta importante para un sistema resiliente, refiere a su capacidad de auto-organización y modificación de sus propias estructuras. Esto lo hemos tratado previamente a propósito de la distinción estructura/organización. Esta propiedad se relaciona con la capacidad para mantener la identidad original del sistema cuando ese estado es deseable o, por el contrario, refiere también a la posibilidad de impulsar las transformaciones necesarias para llegar a estados más deseables, cuando se está enfrentando una amenaza o cuando las condiciones originales del sistema no son las esperadas (Folke 2006; Engle 2011).

44 Esta capacidad de auto-modificación se relaciona, a su vez, con las tres propiedades explicadas anteriormente. 1. Un sistema tiene la posibilidad de modificar sus estructuras, cuando cuenta con la diversidad y redundancia que le entregan la flexibilidad suficiente para ello, ya que requiere de elementos que tiene disponibles y le permiten hacer las modificaciones necesarias. 2. Además, para poder llevarlas a cabo, el sistema requiere una alta conectividad entre sus elementos (ecológicos y sociales), a partir de redes establecidas que hacen posible transmitir conocimientos y recursos en general. 3. El sistema también requiere aprender sobre experiencias pasadas y mantener conocimiento disponible en su memoria para realizar innovaciones y con ello responder a las nuevas situaciones que enfrenta.

45 En el ámbito social, esta capacidad de auto-organización y gobernanza es fundamental para
 lograr modificar las instituciones y organizaciones que establecen las reglas para la relación
 con los recursos naturales, con el objetivo de estar mejor preparados para enfrentar sorpresas,
 crisis o incertezas en general y para hacer frente también a la emergencia de conflictos
 asociados a estos cambios (Folke *et al.* 2005). Esta última cualidad de los sistemas resilientes
 es fundamental para desarrollar la capacidad de adaptación del sistema a las perturbaciones
 que enfrenta. Ya hemos discutido como la auto-organización es un concepto clave en la TSSA.
 46 Hemos señalado sucintamente las propiedades que probabilizan el mantenimiento de la
 resiliencia en un sistema. A continuación entregaremos elementos para precisar lo que
 observamos a partir de esta capacidad de adaptación.

IV. Capacidad de adaptación

47 Capacidad de adaptación es un concepto transversal utilizado tanto por las perspectivas de la
 vulnerabilidad como por las de la resiliencia. Como señala Engle (2011), a partir del concepto
 de capacidad de adaptación es posible articular ambos paradigmas y por esto lo utilizaremos
 aquí para especificar las relaciones teóricas que estamos trabajando.

48 La resiliencia es una propiedad del sistema que no debe ser vista como necesariamente positiva.
 Un sistema resiliente puede ser públicamente no deseado, por motivos morales (por ejemplo,
 un sistema político dictatorial) o porque limita la sustentabilidad de un sistema mayor a largo
 plazo (un sistema capitalista basado en el consumo de recursos no renovables), entre otros
 motivos. Como señalamos anteriormente, lo que consideramos clave para la resiliencia en
 términos puramente formales es una disponibilidad generalizada en el sistema para activar
 cambios estructurales en diversos ámbitos internos y para aceptar cambios en su estructura
 cuyo resultado no está aún anticipado. La resiliencia describe una historia de diversos cambios
 estructurales en un sistema en pro de mantener su viabilidad. Con esto ha de quedar claro que
 la resiliencia de un sistema no es intrínsecamente positiva para su entorno. Sin embargo su
 capacidad adaptativa es parte de las propiedades de la resiliencia, ya que ésta se relaciona con
 la gestión y gobernanza de los cambios del sistema para mejorar su relación con el ambiente.
 En este contexto, es posible indicar que un sistema que tiene una baja capacidad adaptativa
 presenta una mayor “vulnerabilidad” frente a las amenazas y cambios, ya que bajo este
 paradigma, tanto la “vulnerabilidad” como la “adaptación” refieren a conceptos relacionales y
 con ellos se describe la capacidad de reacción de un sistema frente al entorno, en una dimensión
 temporal y espacial específica (Christmann *et al.* 2012).

49 Mientras la resiliencia se refiere puramente a aspectos internos a un sistema, la “adaptación”
 y la “vulnerabilidad” apuntan a una valoración del tipo de vinculación específica y particular
 entre un sistema y una amenaza observada en el entorno. De este modo, a partir de los
 conceptos de “adaptación” y “vulnerabilidad” es posible referirse a la observación de la
 relación entre un sistema socio-ecológico y las condiciones ambientales a las que se enfrenta.
 Se trata de la observación de una relación que se identifica en un período específico de tiempo,
 en un territorio limitado y en función de la capacidad de respuesta del sistema para enfrentar
 posibles amenazas identificadas. A continuación explicaremos cada uno de estos conceptos
 desde la perspectiva de los SCA.

1/ Vulnerabilidad y Adaptabilidad

50 La vulnerabilidad se suele definir como una susceptibilidad de un sistema a ser dañado. Esta se
 relaciona con una posible transformación del sistema debido a una amenaza externa específica
 (Gallopin 2006). Considerando las propuestas de autores de la tradición de los SCA como Gabi
 Hufschmidt (2011), Neil Adger y Mick Kelly (1999), Michael Watts y Hans Bohle (1993),
 es posible identificar tres elementos claves al investigar la vulnerabilidad: 1. Exposición a
 una amenaza externa, referida directamente a condiciones biofísicas del entorno ecológico y
 las perturbaciones que en ellas se identifican; 2. Dificultades de control de esa amenaza; y 3.
 Dificultades de recuperación frente a los daños causados. En este contexto la sensibilidad y la
 capacidad de respuesta del sistema son claves para identificar su vulnerabilidad en relación a
 las condiciones de amenaza identificadas en el entorno.

- 51 Es importante aclarar que vulnerabilidad no es un antónimo de resiliencia –a pesar de que posiblemente un sistema resiliente puede ser empíricamente menos vulnerable respecto de uno no resiliente–, ya que resiliencia como propiedad del sistema y la capacidad de respuesta de este frente a una perturbación específica, no son dos lados de un mismo fenómeno (Adger 2000). Un sistema puede ser no-resiliente y no-vulnerable, ya que no está sometido a una amenaza externa, o de lo contrario, a pesar de que un sistema puede ser resiliente, si la amenaza externa es muy violenta el sistema puede ser igualmente vulnerable. Es decir, un sistema “resiliente” puede, de este modo, ser “vulnerable” si está expuesto a amenazas en su entorno. Sin embargo, como señalamos previamente la historia de exposiciones a amenazas previas, vulnerabilidades pasadas que son almacenadas en la memoria del sistema, pueden ser importantes elementos para la construcción de la resiliencia (Holling 1973). Por otra parte, se debe considerar la posibilidad de identificar diversas vulnerabilidades en un mismo territorio (Adger & Kelly 1999; Watts & Bohle 1993).
- 52 Otra relación importante es aquella que ocurre entre “adaptación” y “resiliencia”. Como hemos visto anteriormente la resiliencia refiere a la capacidad de reacción de un sistema frente a las perturbaciones en general, mientras la adaptación refiere a la capacidad de reacción del sistema, frente a una perturbación *específica*, la cual hace posible modificar estructuras a partir del aprendizaje y la auto-organización (Walker *et al.* 2004; Tompkins y Adger 2004). Por sus afinidades conceptuales, se ha relacionado usualmente “adaptación” con “sustentabilidad”, ya que esta última puede ser entendida como la capacidad de crear, testear y mantener la adaptación del sistema (Holling 2002). Mediante el concepto de adaptación se observa un tipo de comportamiento que podríamos calificar de *exitoso* del sistema en relación a su entorno ecológico, pues refiere a su capacidad para enfrentar las contingencias ambientales manteniendo o mejorando sus condiciones frente a los éde su entorno y la relación con este. A diferencia de la resiliencia que solamente instruye una disposición generalizada para un cambio estructural, la capacidad de adaptación se vale de ésta para orientar transformaciones en el sistema. De este modo, la adaptación y la vulnerabilidad implican ambas, aunque con resultados diferentes: 1. La reacción ante una amenaza; 2. La capacidad de enfrentar los impactos producidos; 3. La capacidad de recuperación del sistema; y agregamos una cuarta propiedad, 4. La capacidad para mejorar la condición del sistema frente a una perturbación futura equivalente (Adger 2000; Gallopin 2006).
- 53 Para lograr adaptación hay elementos que ya se han identificado como fundamentales: el aprendizaje frente a perturbaciones previas, la anticipación, preparación y planificación frente a nuevas amenazas (Gunderson 2000; Hufschmidt 2011). Además resulta relevante la capacidad del sistema para modificar y mejorar sus propias condiciones y posibilidades de cambio. En definitiva la capacidad del sistema de gestionar su propia resiliencia es fundamental para lograr adaptación (Walker *et al.* 2004; Folke 2006). En este sentido, la resiliencia del sistema sería parte de la capacidad de adaptación de éste a las perturbaciones del entorno, ya que un sistema resiliente tiene mayores posibilidades de reaccionar a su entorno. La resiliencia es, dicho de otro modo, un elemento de la capacidad de adaptación. Estos elementos están estrechamente vinculados a los medios por los cuales las instituciones favorecen estos procesos (Adger & Kelly 1999; Nykvist 2012), por lo tanto la evolución de las normas que influyen en la resiliencia durante la fase de auto-organización es fundamental para mejorar las posibilidades de adaptación (Walker *et al.* 2004).
- 54 En este sentido, podemos hablar de adaptación (o el lado positivo de capacidad adaptativa) cuando el sistema se logra transformar en un estado deseable para mantener su viabilidad. Cuando esto no sucede de manera esperada, podemos hablar en cambio de vulnerabilidad. En este contexto, cuando un sistema es capaz de mejorar su capacidad de adaptación y logra transformarse a partir de su propia auto-organización, hablamos de una resiliencia positiva en un SSE.

2/ Adaptación/Vulnerabilidad y Gobernanza Hídrica

- 55 Gracias a la discusión teórica llevada a cabo en los apartados anteriores, estamos en condiciones de definir adaptación y vulnerabilidad hídrica. En este contexto, entenderemos

“adaptación hídrica” como un atributo de un sistema que responde positivamente frente a una perturbación en dicho recurso cuyos procesos suceden antes, durante y después de haber enfrentado un daño o desastre relacionado con escasez de agua, contaminación del recurso disponible o dificultades de acceso al recurso. Paralelamente, “vulnerabilidad hídrica” refiere tanto a las limitaciones del sistema para enfrentar una amenaza de este tipo, como a las modificaciones negativas que puede sufrir frente a una perturbación específica en el recurso hídrico o en el acceso a él, tanto durante como después de la amenaza o daño. En ambos conceptos nos referimos a una capacidad de respuesta del sistema frente a una perturbación específica, ambos conceptos observan la relación entre sistema y entorno, y se relacionan intrínsecamente con la resiliencia del sistema. Finalmente, cuando el sistema tiene la capacidad de modificarse a sí mismo, manejar su propia resiliencia y mejorar sus condiciones para enfrentar futuras perturbaciones, podríamos hablar de Gobernanza Hídrica. Esto sin duda sólo es posible con SSE resilientes, que sean capaces de mantener la disposición para aceptar y activar cambios necesarios que permitan mantener la viabilidad del sistema, facilitando el acceso a recursos hídricos de calidad a través del tiempo.

56 Entonces, para lograr esta Gobernanza Hídrica, se deben fortalecer los aspectos relevantes del SSE para mantener su resiliencia, los actores deben tener la capacidad de reorganizar el sistema dentro de estados deseados, para responder así a las condiciones que cambian y las perturbaciones que reciben (Folke *et al.* 2005). De este modo, es fundamental la capacidad del sistema para experimentar y aprender sobre las diferentes estrategias de adaptación frente a los cambios de los recursos hídricos, manteniendo puentes de colaboración entre las organizaciones que generan conocimiento científico, las organizaciones que toman decisiones y las comunidades afectadas. Por lo tanto es fundamental proporcionar espacios que favorezcan la participación de las diferentes partes interesadas en los procesos de toma de decisiones, también para lograr una comunicación constante entre los diferentes niveles y generar instancias de resolución de conflictos, todo esto a través de instituciones que cuenten con la flexibilidad necesaria para enfrentar situaciones diversas. También es relevante la disponibilidad de información sobre el sistema, su medio ambiente y las perturbaciones que se pueden enfrentar, así como también el desarrollo de infraestructuras necesarias para enfrentar diversos escenarios. Finalmente es fundamental la capacidad de aprovechar situaciones críticas para mejorar las condiciones del sistema (Dietz *et al.* 2003; Folke *et al.* 2005).

V/ Reflexiones finales

57 Si se consideran los nuevos escenarios generados por las proyecciones del cambio climático en América Latina, cobra mayor relevancia la necesidad de una adecuada comprensión del fenómeno de la escasez y vulnerabilidad hídrica. Se ha visualizado que los problemas actuales en la gestión del agua empeorarían, mientras la competencia por los recursos hídricos aumentaría, ejerciendo una presión cada vez mayor en el marco institucional existente (Hadjigeorgalis 2004; Gentes 2007). Al enfrentar mayores situaciones de estrés hídrico, tanto la institucionalidad como la gestión local de los recursos se tornan fundamentales para un adecuado aprovechamiento del agua y la sostenibilidad del recurso. Adicionalmente, se hace necesario un afinamiento de las perspectivas teóricas disponibles y la búsqueda de nuevas herramientas teóricas que nos permitan dar cuenta de manera adecuada de estos problemas.

58 Previamente se han presentado brevemente algunos elementos centrales y conceptos relevantes para la comprensión de los sistemas socio-ecológicos en el contexto del problema de la vulnerabilidad hídrica. Para ello no solamente nos hemos basado en los aportes de las investigaciones en torno a los SCA, sino también a la teoría de SSA. A partir de esta reconstrucción hemos destacado algunos conceptos que permiten establecer elementos comunes y desarrollar marcos conceptuales para la investigación. Hemos desarrollado nuestros argumentos renunciando conscientemente a una introducción teórica, tanto de los SCA como de los SSA. Esto se debe a que la inmensa productividad y complejidad conceptual de ambos enfoques terminaría desalentando al lector interesado en la búsqueda de claves para el desarrollo de nuevos enfoques y herramientas para el problema hídrico. Esto haría que el propósito de nuestra exposición pierda su valor. En su lugar, hemos optado por destacar

similitudes entre ambos enfoques, basándonos en aspectos específicos de estas teorías y señalando caminos posibles de seguir para la búsqueda de integración de intereses.

59 Creemos que el futuro de la investigación en temas socio-ambientales depende en gran medida de la manera en que las perspectivas sistémicas sean capaces de encontrar puntos en común. Para esto se hace necesaria una mayor apertura de todas estas matrices de pensamiento en pro de nuevos problemas y preguntas, flexibilizar posturas y potenciar las capacidades de conexión entre ellas. La teoría de los SCA permite un amplio grado de compatibilidad conceptual, la cual ha mostrado importantes capacidades explicativas en el ámbito de los sistemas socio-ecológicos. La teoría de SSA, por su parte, posee una rica tradición conceptual, la cual puede nutrir de buena manera las investigaciones en este ámbito. Los intentos por conciliar estas perspectivas son todavía incipientes pero sus resultados parecen promisorios, como muestra el excelente trabajo compilatorio al respecto de Egner (*et al.* 2008). El alto grado de especialización de estos enfoques hace difícil aún su compatibilidad, a pesar de compartir un trasfondo común. Gran parte de los retos futuros de la teoría de sistemas consiste en traspasar estos umbrales y posicionarse como un paradigma integrativo de investigación. Los desafíos socio-ambientales que enfrenta el mundo en nuestro siglo, especialmente en temas de escasez, vulnerabilidad y conflicto sobre el agua, hacen cada vez más necesario este tipo de esfuerzos.

Bibliographie

ADGER, Neil and Mick KELLY. "Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 1999, vol. 4, n°3-4, 253-266.

ADGER, Neil. "Social and ecological resilience: are they related?". *Progress in Human Geography*. 2000, vol. 24, n°3, 347-364.

AGRIMED. *Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de Cambio Climático*. Santiago, Chile: Centro AGRIMED, Universidad de Chile, 2008.

ASHBY, William R. *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman and Hall Ltd, 1957.

BAUER, Carl. "Vendiendo agua, vendiendo reformas. Lecciones de la experiencia chilena". *Revista Ambiente y Desarrollo*. 2003, vol. 19, n°3-4.

BECK, Ulrich. *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, 1986.

BERGER, Peter L. and Thomas LUCKMANN. *Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. Garden City, NY: Anchor Books, 1966.

BLAIKIE, Piers, CANNON, Terry, DAVIS, Ian, and Ben, WISNER. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London: Routledge, 1994.

BRANDÃO, Guilherme. "Acercas del concepto de sistema: Desde la observación de la totalidad hasta la totalidad de la observación". *Revista Mad*. 2012, vol. 26, 44-53.

BUCKLEY, Walter. "Society as a complex adaptive system". In BUCKLEY, Walter (éd.). *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*. Chicago: Aldine Publishing Company, 1968, 490-513.

CARPENTER, Steve, WALKER, Brian, ANDERIES, J. Marthy, and Nick ABEL. "From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?" *Ecosystems*. 2001, vol. 4, n°8, 765-781.

CEPAL. *La Economía del Cambio Climático en Chile*. Santiago, Chile: CEPAL, Naciones Unidas, Gobierno de Chile, 2008.

CHRISTMANN, Gabriela, IBERT, Oliver, KILPER, Heiderose, and Timothy MOSS. "Vulnerability and Resilience from a Socio-Spatial Perspective. Towards a Theoretical Framework". *Working Paper N° 45*. Erkner, Germany: Leibniz Institute for Regional Development and Structural Planning, 2012.

COLLIER, John D, et Clifford A. HOOKER. "Complexly Organised Dynamical Systems". *Open Systems and Information Dynamics*. 1999, vol. 6, n°3, 241-302.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012*. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, 2009.

CUMMING, Graeme S, BARNES, Grenville, PERZ, Stephen, SCHMINK, Marianne, SIEVING, Kathy E., SOUTHWORTH, Jane, BINFORD, Michael, HOLT, Robert D., STICKLER, C., and Tracy VAN

- HOLT. "An Exploratory Framework for the Empirical Measurement of Resilience". *Ecosystems*. 2005, vol. 8, n°8, 975–987.
- CUMMING, Graeme S. and John COLLIER. "Change and Identity in Complex Systems". *Ecology and Society*. 2005, vol. 10, n°1, 29.
- CUMMING, Graeme S. *Spatial Resilience in Social–Ecological Systems*. Cape Town: Springer, 2011.
- DGA. *Estimaciones de demanda de Agua y proyecciones Futuras*. Santiago, Chile: Publicación Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile, 2007.
- DIETZ, Thomas, OSTROM, Elinor and Paul C STERN. "The Struggle to Govern the Commons". *Science*. 2003, vol. 302, n°5652, 1907–1912.
- DONOSO, Guillermo. *Estudio de Caso del Código de Aguas en Chile de 1981*. Santiago, Chile: Asociación Mundial del Agua, SAMTAC Comité Técnico Asesor Sud América, 2003.
- DOUGLAS, Mary. *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Barcelona: Paidós, 1996.
- EGNER, Heike, RATTER, Beate et Richard DIKAU (eds.). *Umwelt als System–System als Umwelt?: Systemtheorien auf dem Prüfstand*. München: Oekom, 2008.
- ENGLE, Nathan. "Adaptive Capacity and its Assessment". *Global Environmental Change*. 2011, vol. 21, n°2, 647–656.
- FOLKE, Carl, HAHN, Thomas, OLSSON, Per and Jon NORBERG. "Adaptive Governance of Social-Ecological Systems". *Annual Review of Environment and Resources*. 2005, vol. 30, 441–473.
- FOLKE, Carl. "Resilience: The Emergence of a Perspective for Social–Ecological Systems Analyses". *Global Environmental Change*. 2006, vol. 16, n°3, 253–267.
- GALLOPIN, Gilberto C. "Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity". *Global Environmental Change*. 2006, vol. 16, n°3, 293–303.
- GELL–MANN, Murray. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. San Francisco: W.H. Freeman, 1994.
- GENTES, Ingo. *Las aguas transadas. Estado de arte de las propiedades hidráulicas y del impacto del mercado de derechos de agua en Chile*. Santiago, Chile: OXFAM, 2007.
- GOTTS, Nicholas M. "Resilience, Panarchy, and World–Systems Analysis". *Ecology and Society*. 2007, vol. 12, n°1, 24.
- GUNDERSON, Lance H. "Ecological Resilience: In Theory and Application". *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2000, vol. 31, 425–439.
- GUNDERSON, Lance H. and Crawford S. HOLLING. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington, DC: Island Press, 2002.
- HADJIGEORGALIS, Ereney. "Comerciendo con incertidumbre: Los mercados de agua en la agricultura chilena". *Cuadernos de Economía*. 2004, n°122, 3–34.
- HERNÁNDEZ, Romualdo. "Reforma Agraria y Evolución del Marco Jurídico del Agua en Chile". *Estudio Legislativo de la FAO* [en línea]. 2006, n°59. Disponible en <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/legal/docs/lpo59es.pdf>.
- HOLLAND, John H. "Studying Complex Adaptive Systems." *Journal of Systems Science and Complexity*. 2006, vol. 19, n°1, 1–8.
- HOLLAND, John H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1992.
- HOLLING, Crawford S. "Resilience and Stability of Ecological Systems". *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1973, vol. 4, 1–23.
- HOLLING, Crawford S. "Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems". *Ecosystems*. 2002, vol. 4, n°5, 390–405.
- HUFSCHMIDT, G. "A Comparative Analysis of Several Vulnerability Concepts". *Natural Hazards*. 2011, vol. 58, n°2, 621–643.
- LARRAÍN, Sara, y Pamela POO (eds). *Conflictos por el agua en Chile. Entre los derechos Humanos y las reglas del mercado*. Santiago: Ediciones Chile Sustentable, 2010.
- LUHMANN, Niklas. "La economía de la sociedad como sistema autopoietico". *Revista Mad*. 2013, vol. 29, 1–25.
- LUHMANN, Niklas. *La realidad de los medios de masas*. Barcelona: Anthropos, Universidad Iberoamericana, 2000.

- LUHMANN, Niklas. *La sociedad de la sociedad*. México D.F.: Universidad Iberoamericana, Herder, 2007.
- LUHMANN, Niklas. *Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1986.
- LUHMANN, Niklas. *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría general*. México D.F.: Anthropos, Universidad Iberoamericana, Pontificia Universidad Javeriana, 1998a.
- LUHMANN, Niklas. *Sociología del riesgo*. México D.F.: Triana Editores, Universidad Iberoamericana, 1998b.
- MATURANA, Humberto y Francisco VARELA. *El árbol del conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1984.
- MATURANA, Humberto. *Biología de la cognición y epistemología*. Temuco: Editorial Universidad de la Frontera, 1990.
- MAUSER, Wolfram. *Wie lange reicht die Ressource Wasser? Vom Umgang mit dem blauen Gold*. Forum für Verantwortung. Fischer Taschenbuch Verlag. Frankfurt am Main, Juli 2007, 2010.
- MEHTA, Lyla. "Whose scarcity? Whose Property? The case of ater in western India". *Land use Policy*. 2007, vol. 24, n°4, 654-663
- NASSEHI, Armin. "La teoría de la diferenciación funcional en el horizonte de sus críticas". *Revista MAD*. 2011, vol. 24, 1-29.
- NORBERG, Jon et Graeme S. CUMMING. *Complexity Theory for a Sustainable Future*. New York: Columbia University Press, 2008.
- NUNEZ, Jorge y Guido SOTO. *Recursos hídricos Chile 2010*. Centro del Agua 2010.
- NYKVIST, Björn. Social Learning in the Anthropocene. Governance of Natural Resources in Human Dominated Systems. Doctoral thesis: Natural Resource Management. Stockholm University, 2012.
- OLSSON, Per, GUNDERSON, Lance H., CARPENTER, Steve R., RYAN, Paul, LEBEL, Lois, FOLKE, Carl, et Crawford S. HOLLING. "Shooting the rapids: navigating transitions to adaptive governance of social-ecological systems". *Ecology and Society*. 2006, vol. 11, n°1, 18.
- OLSSON, Per, FOLKE, Carl et Thomas HAHN. "Social-Ecological Transformation for Ecosystem Management: The Development of Adaptive Co-Management of a Wetland Landscape in Southern Sweden". *Ecology and Society*. 2004, vol. 9, n°4, 2.
- OSTROM, Elinor. "A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems". *Science*. 2009, vol. 325, n°5939, 419-422.
- OSTROM, Elinor. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge, Mass: Cambridge University Press, 1990.
- RAPPAPORT, Roy A. "Adaptation and Maladaptation in Social Systems". In Hill, I (éd), *The Ethical Basis of Economic Freedom*. Chapel Hill, NC: American Viewpoint, 1977, 39-82.
- RODRÍGUEZ, Darío y Marcelo ARNOLD. *Sociedad y teoría de sistemas*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1991.
- SAMTAC- CEPAL. "Agua para el Siglo XXI para América del Sur. De la visión a la Acción. Informe chile" *Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Chile*. Buenos Aires: GWP, 2000.
- SATERFIEL, Terre, GREGORY, Robin, KLAIN, Sarah, ROBERTS, Mere et Kai CHAN. "Culture, Intangibles and Metrics in Environmental Management". *Journal of Environmental Management*. 2013, vol. 117, n°15, 103-114.
- TOMPKINS, Emma L. and W. Neil ADGER. "Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?" *Ecology and Society*. 2004, vol. 9, n°2, 10.
- VON BERTALANFFY, Ludwig. *Teoría general de los sistemas*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1976.
- VON FOERSTER, Heinz. *Understanding Understanding. Essays on Cybernetics and Cognition*. New York: Springer-Verlag New York, Inc., 2003.
- WALKER, Brian, HOLLING, Crawford S., CARPENTER, Stephen and Ann KINZIG. "Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems". *Ecology and Society*. 2004, vol. 9, n°2, 5.
- WATTS, Michael and Hans, BOHLE. "The Space of Vulnerability: The Causal Structure of Hunger and Famine". *Progress in Human Geography*. 1993, vol. 17, n°1, 43-67.

WIENER, Norbert. *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1979.

Pour citer cet article

Référence électronique

Anahí Urquiza Gómez et Hugo Cadenas, « Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica », *L'Ordinaire des Amériques* [En ligne], 218 | 2015, mis en ligne le 05 juillet 2015, consulté le 15 juillet 2015. URL : <http://orda.revues.org/1774>

À propos des auteurs

Anahí Urquiza Gómez

Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Chile, anahiurquiza@u.uchile.cl,
anahi.urquiza.gomez@gmail.com

Hugo Cadenas

Académica Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Chile, hcadenas@u.uchile.cl

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

La región latinoamericana presenta situaciones de escasez y vulnerabilidad hídrica en diversas zonas. Esta situación no ha sido abordada de forma satisfactoria por políticas públicas adecuadas y tampoco se han intentado avances teóricos que innoven en la comprensión del problema. En el presente trabajo explicaremos de manera sintética algunos elementos conceptuales del estudio de sistemas socio-ecológicos en el contexto del problema de la escasez y vulnerabilidad hídrica. La discusión presentada intenta conciliar las perspectivas teóricas de los sistemas complejos adaptativos y los sistemas sociales autopoieticos (sistema que puede mantener su estructura global en la interacción con su medio ambiente, cercano a un sistema resiliente). Nuestro objetivo es indicar puntos de partida para el estudio de este fenómeno, basados en la literatura y discusiones actuales y señalar posibilidades de acercamiento entre diferentes matrices teóricas. Se concluye indicando la necesidad de buscar enfoques complementarios e integrativos entre estas posturas para el estudio de los problemas ambientales actuales.

Systemes socio-écologiques : éléments théoriques et conceptuels pour un débat autour de la vulnérabilité hydrique

La région latino-américaine présente des situations de pénurie et de vulnérabilité hydrique dans plusieurs zones. Cette situation n'a été pas été abordée de façon satisfaisante par les politiques publiques appropriées et n'a pas fait l'objet d'avancées théoriques innovantes dans la compréhension du problème. Dans le travail présenté, nous aborderons d'une manière synthétique quelques éléments conceptuels de l'étude des systèmes socio-écologiques dans le contexte du problème de pénurie et de vulnérabilité hydrique. La discussion présentée essaie de concilier les perspectives théoriques des systèmes complexes adaptatifs et des systèmes sociaux autopoietiques (système qui peut maintenir sa structure globale en interaction avec son environnement, proche d'un système résilient). Notre objectif est de proposer des points de départ pour l'étude de ce phénomène, basés sur la littérature et des discussions actuelles, afin de mettre en avant des possibilités de rapprochement entre différentes matrices théoriques. Nous concluons en indiquant la nécessité de chercher des perspectives complémentaires et intégrantes entre ces postures pour l'étude des problèmes environnementaux actuels.

Socio-Ecological Systems: Theoretical and Conceptual Elements to Understand the Debate on Water-Related Vulnerability

Several areas of Latin America suffer from water-related shortages and vulnerabilities. This situation has never been properly handled by local public authorities and has seen no real theoretical advances allowing a better understanding of the problem. This paper will focus on the conceptual analysis of socio-ecological systems and water-related shortages and vulnerabilities. It will use two theoretical approaches: that of complex adaptive systems and that of autopoietic social systems (i.e. systems able to maintain themselves in a larger environment, which makes them close to resilient systems). The goal is to suggest a few starting points for the study of this phenomenon, based on contemporary academic sources, in order to show how different theoretical models can be combined. The conclusion will stress the need to look for more complementary and inclusive perspectives to improve our understanding of contemporary environmental problems.

Sistemas sócio-ecológicos: elementos teóricos e conceituais para um debate em torno da vulnerabilidade hídrica

A região latino-americana apresenta situações de penúria e vulnerabilidade hídrica em diversas zonas. Essa situação não foi satisfatoriamente abordada por políticas públicas apropriadas e não foi objeto de avanços teóricos inovadores para a compreensão do problema. No trabalho apresentado, abordaremos de forma sintética alguns elementos conceituais do estudo dos sistemas sócio-ecológicos no contexto do problema da penúria e vulnerabilidade hídrica. A discussão apresentada tenta conciliar as perspectivas teóricas dos sistemas complexos adaptativos e dos sistemas sociais autopoieticos (sistema que pode manter sua estrutura global em interação com o meio ambiente, próximo de um sistema resiliente). Nosso objetivo é propor pontos de partida para o estudo desse fenômeno, baseados na literatura e em algumas discussões atuais, a fim de pôr em evidência possibilidades de aproximação entre diferentes matrizes teóricas. Concluímos indicando a necessidade de uma busca de perspectivas complementares e integradoras entre essas posturas para o estudo dos problemas ambientais atuais.

Entrées d'index

Mots-clés : vulnérabilité hydrique, Amérique Latine, systèmes complexes adaptatifs, systèmes socio-écologiques, systèmes sociaux autopoietiques

Keywords : water-related vulnerability, Latin America, Complex adaptive systems, Socio-ecological systems, autopoietic social systems

Palabras claves : vulnerabilidad hídrica, América Latina, sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos, sistemas sociales autopoieticos

Palavras chaves : vulnerabilidade hídrica, América Latina, sistemas complexos adaptativos, sistemas sócio-ecológicos, sistemas sociais autopoieticos