



La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos complejos, herramientas conceptuales

Laura Rathe

**Trabajo final de la Especialidad en Pensamiento Complejo,
Ciencias de la Complejidad y Teoría del Caos**



INSTITUTO GLOBAL DE ALTOS ESTUDIOS EN CIENCIAS SOCIALES (IGLOBAL)

La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos complejos, herramientas
conceptuales

Trabajo final para optar por el título de
ESPECIALIDAD EN PENSAMIENTO COMPLEJO, CIENCIAS DE LA
COMPLEJIDAD Y TEORÍA DEL CAOS

Proponente
Laura Rathe Peralta

Asesor
Pedro Sotolongo

16 de diciembre de 2013
Santo Domingo, República Dominicana

INDICE	Pag
Resumen	4
1. Introducción	4
2. Descripción de resultados Discusión	6
2.1.Una nueva ventana para dirigir la mirada	6
2.2.Sistemas socioecológicos: resiliencia y sustentabilidad de qué y a qué	8
2.3.El sistema socio-ecológico en estudio y su entorno, límites y fronteras	11
2.4.La matriz ontológica morfogénica, las <i>CIAT</i> en sistemas socio-ecológicos	15
2.5.La Panarquía y el modelo de Resilience Alliance para la evaluación de sistemas complejos socio-ecológicos	20
3. Conclusiones	28
4. Bibliografía Referencias Bibliográficas	31

Lista de Figuras

Figura 1: matriz ontológica morfogénica	10
Figura 2. La metáfora de la "bola-en-la-cuenca" como representación de la resiliencia	14
Figura 3: Ejemplos de ecosistemas y cambios de régimen catastróficos	24
La Figura 4: "Panarquía" - adaptación con ciclos anidados, con influencias entre las escalas.	25
Figura 5: Marco conceptual de la evaluación de Sistemas Socio-Ecológicos	27

Instituto Global de Altos Estudios en Ciencias Sociales
Trabajo final de la Especialidad en Pensamiento Complejo, Ciencias de la
Complejidad y Teoría del Caos

La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos complejos,
herramientas conceptuales:

Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar, Panarquía y modelos de
evaluación de la resiliencia

Autora: Laura Rathe

Resumen

Se discuten herramientas conceptuales que permiten aprehender la problemática de la sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos. Se plantea que la postura del pensamiento y ciencias de la complejidad, esa Tercera Ventana planteada por *Ulanowicz* y con la contribución de *Sotolongo, P.L.*, es el enfoque que responde mejor a los desafíos del siglo XXI para aprehender la problemática de la sustentabilidad y la resiliencia en los sistemas complejos. Se propone que para responder a la pregunta de resiliencia y sustentabilidad de *qué y a qué*, son puntos cruciales para los que es necesario comprender primero *qué es eso* que está cambiando, cuál es esa unidad morfogenética transescalar que queremos aprehender, para lo cual el concepto de las *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar*¹ (CIAT) propuesto por Pedro L. Sotolongo, resulta de gran utilidad. Se discute cual sería la matriz ontológica morfogenética, las CIAT² en sistemas socio-ecológicos, en la ciudad, en el paisaje y en costas rocosas. Se plantea que los conceptos elaborados por *Holling*, acerca de la *Panarquía*, así como los modelos de evaluación de sistemas socio-ecológicos (SSE) propuestos por la Resilience Alliance son los más adecuados para la evaluación de la sustentabilidad y resiliencia de los SSE.

1. Introducción

Para aprehender la problemática de la sustentabilidad en los sistemas socioecológicos se requiere plantear y tratar de responder las siguientes preguntas: ¿Es posible mediante una mirada científica en el sentido tradicional de la palabra, comprender la dinámica de los

¹ Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT. Especialidad Pensamiento y Ciencias de la Complejidad. Instituto Global de Altos Estudios, Iglobal, Santo Domingo, República Dominicana.

² Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar

procesos socio-ecológicos?, ¿Se requieren otras miradas diferentes que incluyan otros conceptos y posturas? ¿Los enfoques que presentan posturas valorativas, subjetivas e incertidumbre en vez de objetividad y certeza, cuáles responden mejor a los desafíos del siglo XXI?, ¿Las unidades básicas que permitan comprender la dinámica de cambio y transformación en el territorio, son útiles para ayudar a la comprensión del cambio y transformación así como de la resiliencia en los sistemas socio-ecológicos? Se podrá detectar elementos clave para reducir la vulnerabilidad de sistemas socioecológicos? Qué métodos servirán de base para conceptualizar preguntas y respuestas que permitan aumentar la resiliencia y la sustentabilidad?

Con relación a la gestión de sistemas complejos socio-ecológicos, Hollins, Berkes y Folke, 1998³ dicen en su ensayo acerca de la gestión, prácticas y mecanismos sociales para crear resiliencia, sustentabilidad y manejo de recursos naturales, que las respuestas no son sencillas, porque acabamos de empezar a desarrollar (segunda mitad del siglo XX y albores del XXI) los conceptos, tecnologías y métodos que puedan abordar la naturaleza genérica de los problemas. Característicamente, estos problemas suelen ser problemas de sistemas complejos, donde los aspectos de la conducta o comportamiento del sistema son complejas e impredecibles, y en su caso, aunque a veces las respuestas pudieran ser simples (cuando finalmente entendió), siempre son múltiples con finales abiertos.

En la Reunión de Pensadores organizada por la Unión para la Conservación de la Naturaleza ⁴ (IUCN) en el 2006, donde se trató el tema del futuro de la sostenibilidad: Repensando el Medio Ambiente y el Desarrollo en el siglo XXI, en el reporte final se dice que *la ecología se ha transformado, las dinámicas no lineales son aceptadas como elementos inherentes al funcionamiento de los ecosistemas. Los lagos*

³ Holling, C. S., Fikret Berkes, and Carl Folke (1998) *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Science, Sustainability, and Resource Management ed. Fikret Berkes and Carl Folke, 342–362. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

⁴ El Futuro de la Sostenibilidad: Repensando el Medio Ambiente y el Desarrollo en el Siglo Veintiuno. W. M. Adams Reporte de la Reunión de Pensadores, Zurich, 29-31 January 2006 www.iucn.org

contaminados no necesariamente regresan a su estado anterior cuando cesa la contaminación; no se puede esperar que el clima experimente una variación media aproximada a las condiciones de los últimos 30 años; es muy probable que la extinción de ciertas especies cambie la amplitud y frecuencia del cambio ecosistémico en formas que restrinjan las oportunidades humanas; los nuevos compuestos y la manipulación genética de taxones ampliamente distribuidos, bien pueden generar cambios en la forma y función de los ecosistemas. Por lo que se requiere una nueva forma de ver y hacer ciencia, donde se integren otros conceptos para aprehender éstas dinámicas no lineales en sistemas complejos socio-ecológicos y mas aún para proponer medidas de gestión en la búsqueda de la sustentabilidad, que incluyan esta visión.

2. Descripción de resultados Discusión

2.1.Una nueva ventana para dirigir la mirada

Los sistemas complejos adaptativos (CAS) son:“Una trama de múltiples agentes (células, especies, individuos, naciones, instituciones, etc.) que interactúan (*interacciones fijas y variables*) y reaccionan a lo que hace cada uno, en el cual la complejidad emerge de un pequeño grupo de procesos críticos que crean y mantienen las propiedades de *auto-organización* del sistema”(Hollins et al,1998⁵).

Sistema Socio-ecológico (SSE) es un sistema complejo adaptativo de humanos y naturaleza acoplados que nos obliga a *centrar la gestión en sus relaciones y no en sus componentes*.

De acuerdo a Audouin, et al⁶ la auto-reflexividad de la complejidad crítica, ofrece a los investigadores y los responsables de formulación de políticas, medios con los que

⁵ Holling, C. S., Fikret Berkes, and Carl Folke(1998)*Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Science, Sustainability, and Resource Management ed. Fikret Berkes and Carl Folke, 342–362. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

⁶ Audouin, M. R. Preiser, S. Nienaber, L. Downsborough, J. Lanz, and S. Mavengahama. 2013. Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems. *Ecology and Society* **18** (3): 12. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05434-180312> Published here under license by the Resilience Alliance

comprender y conceptualizar la naturaleza interrelacionada y dinámica de los sistemas socio-ecológicos. Contrario a los métodos científicos tradicionales que se basan en gran medida en los principios de reducción y disyunción, la lógica de la complejidad crítica nos permite reflexionar críticamente sobre las limitaciones de la generación del conocimiento y de las intervenciones para la resolución de problemas que se suelen utilizar para modelar y comprender los SSE.

En la contribución de Sotolongo,P.L., *Mirando através de la Tercera Ventana de Ulanowicz*⁷, dice que la metáfora de la llamada *Ventana de Ulanowicz* es muy apropiada cuando queremos responder a diferentes preguntas tratando de obtener soluciones a los problemas complejos todavía no resueltos y/o interpretaciones de los fenómenos que no se entienden. Es como si nos ponemos a mirar el mundo de otra manera diferente a la tradicional, como si empezamos a mirar a través de una nueva ventana que nos permite explorar el mundo de una manera que no era posible antes. Estas llamadas *ventanas* se han abierto más de una vez en la historia del conocimiento, por ejemplo, en el siglo XVII la ventana newtoniana, como le llama Ulanowicz, se abrió y desde entonces el mundo comenzó a ser explorado de manera *científica mecanicista* dejando atrás el camino escolástico, especulativo de intentar entender ese mundo. Más tarde, la *ventana Darwiniana* del siglo XIX comenzó a abrirse y la visión newtoniana del mundo: causalmente completamente cerrada, reduccionista, reversible, totalmente determinista y universalmente predecible, comenzó a resultar torpemente inadecuada para tomar en cuenta los procesos biológicos evolutivos y aún más adelante también, los sociales. Por lo que ha llegado el tiempo para cambiar las preguntas, mirar el mundo de diferente manera que permitan entender fenómenos que están relacionados con circunstancias que requieren una mirada holística, no linear, con un nuevo cuerpo de conocimiento a través de una nueva ventana, la ***Tercer ventana***, como Ulanowicz la llama.

⁷ Sotolongo, PedroL(2012) *Looking Through Ulanowicz's "Third Window"*. Journal Article Axiomathes, Vol 22, Issue 2 pp 207-221 Springer Netherland. <http://dx.doi.org/10.1007/s10516-011-9175-7>

Según Sotolongo, comentando acerca de estas ideas de Ulanowicz, dice que su mirada se vuelve en la dirección correcta, ya que, de todos los llamados procesos dinámicos complejos, la dinámica de los ecosistemas, con sus procesos ecológicos configurados en red, es uno de los más, si no el más adecuado ejemplo dónde buscar -y encontrar-las características nuevas -procesos, no las leyes; propensiones, no las fuerzas (física); flujos causales no lineales y potenciales causales no lineales y demás- que Robert Ulanowicz, de una manera convincente presenta al lectores a través de su *ecología procesual*.

Esta ecología procesual y/o su metafísica ecológica, como él la denomina, constituye, de acuerdo a Sotolongo, una manera muy clara y lúcida, debido a su gran poder heurístico, para aprehender cómo las cosas (verdaderamente) cambian y cómo (verdaderamente) persisten a través de un tratamiento complejo-dinámico, en la evolución de los sistemas vivos (que son el centro de atención de Ulanowicz), pero en realidad, también es adecuado para aprehender el comportamiento de los sistemas de pre-bióticos, por lo tanto, los no vivos.

2.2. Sistemas socioecológicos: resiliencia y sustentabilidad de qué y a qué

Los sistemas socio-ecológicos son sistemas complejos adaptativos y evolutivos, en los que los componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, y otros interactúan. Los sistemas socio-ecológicos enfatizan la perspectiva "los seres humanos en la naturaleza" en el que los ecosistemas se integran a la sociedad humana (o SSE⁸). Se componen de diferentes partes que interactúan para formar una entidad más compleja, la visión es integral porque no se centra en una comprensión detallada de las partes, sino en cómo los principales componentes contribuyen a la dinámica de todo el sistema. Partes de un SSE responden a los cambios en otros componentes, a veces desencadenan retroalimentaciones que pueden amplificar cambios en todo el sistema o pueden tener un efecto estabilizador. A través de estas interacciones, los sistemas socio-

⁸ Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Practitioners (2007). Revised Version 2.0. Resilience Alliance. Online: <http://www.resalliance.org/3871.php>

ecológicos pueden organizarse (es decir, ajustarse a través de interacciones entre sus componentes), las configuraciones nuevas pueden surgir, y la adaptación puede hacerse posible. Esta característica de los sistemas socio-ecológicos integrados puede hacer que su gestión sea un reto, pero también crea oportunidades para recuperar o reorganización tras una perturbación.

La resiliencia es fundamentalmente una propiedad del sistema. Se refiere a la magnitud del cambio o perturbación que un sistema puede experimentar sin cambiar a un estado alternativo que tiene diferentes propiedades estructurales y funcionales y provee diferentes paquetes de servicios ecosistémicos que benefician a las personas⁹ (y a la vida en general). Ejemplos clásicos de cambios entre estados alternativos incluyen transiciones de los arrecifes de coral a las algas cubiertas de rocas, desde praderas hasta paisajes dominados por arbustos, y los lagos de agua dulce con aguas claras a aguas turbias. Asociado con cada uno de estos cambios son los cambios en la oferta de servicios de los ecosistemas, por ejemplo, las oportunidades de producción de pescado, el potencial de pastoreo y el turismo y la recreación, visto desde un punto de vista de recursos.

Para la evaluación de la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos y para la propuesta de sustentabilidad, se requiere la participación de grupos bien informados, incluyendo, profesionales y grupos de interés, para identificar temas y problemas, ya que definir la frontera, el ámbito, los límites para el estudio de los sistemas socio-ecológicos requieren de una visión transdisciplinar y en este sentido, para responder a la pregunta de resiliencia y sustentabilidad de *qué y a qué*, son puntos cruciales en los cuáles el concepto de las *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar*¹⁰ (CIAT) propuesto por Pedro L. Sotolongo, resulta de gran utilidad.

Para ayudar a comprender los procesos dinámicos complejos que implican cambios o alteraciones en los sistemas socio-ecológicos con fines de reducir la vulnerabilidad de los mismos, así como para sugerir medidas de adaptación, es necesario comprender primero **qué es eso** que está cambiando, cuál es esa unidad morfogénica transescalar que queremos

⁹ Op.Cit. Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Practitioners (2007).

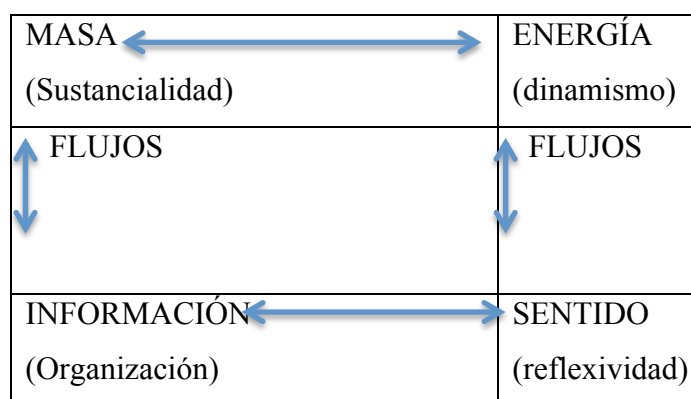
¹⁰Op. Cit. Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT..

aprehender. Los patrones dinámicos en los sistemas complejos, que son iterativos y que se encuentran en todas las escalas, corresponden por lo tanto al patrón primario básico, Pedro L.Sotolongo les llama *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar*¹¹(CIAT).

Los sistemas dinámicos no lineales como los sistemas complejos socio-ecológicos, intercambian masa y energía, así como información y poseen lo que se llama *sentido identitario*. Éste sentido identitario no debe verse antropomorfizando la expresión, significa la identidad reflexiva que le permite auto-reconocerse como una identidad, lo cual se manifiesta no solamente en los sistemas bióticos sino también en los abióticos.

El flujo dinámico puede expresarse de esta manera¹²

Figura 1: matriz ontológica morfogénica



La nueva ventana de Ulanowicz¹³, que es la misma del Pensamiento y Ciencias de la Complejidad, se ha abierto ahora en la cultura contemporánea, y está permitiendo que cada vez más revelar la complejidad del mundo y posibilitando una renovada comprensión de las fuentes más generales de cambio y transformación, de sistemas abióticos, así como bióticos, vinculado en esta especie de matriz ontológica morfogénica.

Estos flujos de masa, energía, información y sentido *se originan y son concomitantes* con la presencia de fluctuaciones espacio temporales las cuales pueden ser gradientes de

¹¹ Op.Cit.Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT.

¹² Op.Cit.Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT.

¹³ Op.Cit.Sotolongo, PedroL(2012) *Looking Through Ulanowicz's "Third Window"*.

densidad, de posición, así como frecuencias temporales originando rupturas de simetría espacial o temporal dando lugar a desequilibrios, desigualdades que van plasmando cada vez más una *frontera* para dar lugar a la ruptura de simetría.

Estos gradientes y frecuencias espacio-temporales y los flujos de masa, energía, información y sentido pueden generar en su interacción efectos tanto entrópicos como sinérgicos. En otras palabras, pueden ser tanto desequilibrantes, heterogeneizantes como equilibradores y homogeneizantes.

Las *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar* (CIAT) se pueden ver como patrones dinámicos en los sistemas complejos, los cuales son iterativos y que se encuentran en todas las escalas, que corresponden por lo tanto al patrón primario básico. Es decir, como dice Sotolongo¹⁴, estas conformaciones sinérgicas de índole holística (global), de tipo matricial, es decir, cuyos integrantes materiales y-o ideales particulares (locales) pueden variar sin que varíe por ello la entidad holística conformada como tal (sinérgicamente constituida), que se mantiene similar a sí misma a través de diferentes escalas. Esto las capacita como **unidades o bloques básicos de construcción para un nuevo nivel organizacional**.

Estas CIAT desempeñan el papel de articulación sistémico-complejos que lo caracteriza a través de sus diversas escalas desde el punto de vista de su complejidad sistémica, ésta **noción resulta importante para determinar la resiliencia de un sistema complejo**. Esto tiene importancia cuando pensamos en términos de desarrollo sustentable y le adjudicamos una valoración a los estados deseados de esas conformaciones socio-ecológicas.

2.3. El sistema socio-ecológico en estudio y su entorno, límites y fronteras

Los SSE no tienen un único estado de equilibrio sino múltiples estados y *no responden a cambios graduales sino que existen umbrales de cambio, algunos muy pronunciados*.

¹⁴ Sotolongo, Pedro Luis. Complejidad y morfogénesis: De las propiedades de los sistemas a la existencia misma de tales sistemas. Instituto de Filosofía de La Habana, Cuba.

La idea de puntos de inflexión o umbrales críticos y fronteras se deben tener en cuenta cuando nos disponemos a estudiar un sistema socio-ecológico. Los umbrales se definen como transiciones no lineales en el funcionamiento de los sistemas socio-ambientales acoplados. El umbral es la zona de transición entre dos estados.

La necesidad de establecer límites en el estudio de los sistemas socio-ecológicos para poder aprehenderlos, conlleva la problemática de que la definición de tales límites no se puede hacer solamente desde el punto de vista objetivo, sino que implica también decisiones que son esencialmente basadas *en valores* (Heylighen et al. 2007). Por ejemplo, decidir si el estudio en cuestión será en base a un área geográfica a nivel de paisaje, región, ciudad etc. Si hablamos de sustentabilidad debemos responder a preguntas tales como "¿Qué queremos hacer?" y "¿Qué debemos nosotros estar haciendo?" requiere no sólo la información empírica, sino también el conocimiento basado en valoraciones subjetivas, que nos lleva fuera del ámbito de la investigación puramente objetiva en el dominio de las experiencias de las personas, opiniones y creencias culturales, así como en la esfera política.

La noción de límites es particularmente útil cuando se refiere al estudio de sistemas complejos y una reflexión crítica sobre la naturaleza de esta visión es que socavan el paradigma reduccionista de varias maneras (Ulanowicz 2009), supuestos reduccionistas tales como el objetivismo, el determinismo, el universalismo y el positivismo presume que los límites están libres de valores y son entidades fijas, dejando al sujeto-objeto sin respuesta¹⁵. Se requiere por lo tanto una nueva mirada, una nueva manera de ver el mundo para poder dar respuesta a preguntar que tiene que ver con sistemas complejos evolutivos y adaptativos como los sistemas socio-ecológicos.

El objetivo del estudio de un SSE tiene también implicaciones significativas en el mismo. Si se refiere a la promoción de la sostenibilidad de tales sistemas, la propia sostenibilidad es un concepto basado *en el valor* mas que un concepto científico en el sentido tradicional y está fuertemente influenciado por la visión del mundo, especialmente en lo que se refiere a

¹⁵ Op.Cit.Audouin, M., et al . 2013. Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems.

la relación ser humano-naturaleza . De acuerdo con Aldouin et al 2013, esta relación no sólo es una parte vital del sistema en estudio, sino también de lo que se define en el "estado deseado" del sistema socio-ecológico, por lo tanto, el objetivo de muchas investigaciones llevado a cabo en este ámbito, están basados en supuestos valorativos. Por lo tanto, aplicando un lente de complejidad crítica revela que no es posible identificar primero el sistema socio-ecológico, como si el investigador y los otros aspectos relacionados con el contexto del estudio fueran separados de esta descripción y luego derivar el conocimiento de ese sistema (Cilliers 2005).

En el ensayo *Explorando las implicaciones de la complejidad crítica para el estudio de los sistemas socio-ecológicos*¹⁶ al reflexionar sobre la noción de límites, se señala que debido a que los sistemas complejos son abiertos y comprenden elementos que están interconectados, la distinción entre el sistema en estudio y su entorno no está predeterminado. Si queremos tener una comprensión global de este tipo de sistemas, que en teoría hay que entender todas sus interacciones con el medio ambiente. En este entorno, a su vez, interactúa con muchos otros sistemas a través de relaciones no lineales, nos encontramos en la posición de tratar de entender un increíblemente gran número de elementos y sus interconexiones. Por lo tanto, para permitir una cierta comprensión del sistema, la responsabilidad recae en el equipo de investigación para determinar la extensión del sistema a ser estudiado. Esto se logra mediante el establecimiento de límites ya sea conceptual, espacial, o temporal, por ejemplo, son esenciales, ya que permiten la generación de conocimiento.

En el manual para la evaluación de la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, libro de trabajo para científicos, 2007, de Resilience Alliance¹⁷, se sustenta que la clarificación y la identificación de los problemas es una parte importante de la definición del sistema. Es imposible (y contraproducente) que los incluya a todos. Centrándonos en los grandes temas se identifican las variables del sistema que deben ser incluidos como descriptores del

¹⁶ Op.Cit. Audouin, M. et al, 2013. Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems.

¹⁷ Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Scientists (2007). Version 1.1. Resilience Alliance.

sistema - definiendo así el espacio de estado del sistema y destaca que en su experiencia, llegar a un acuerdo sobre lo que el sistema consiste es una tarea difícil y puede tomar mucho tiempo y discusión.

La complejidad de los sistemas no deriva tanto de las interacciones aleatorias de un elevado número de factores si no de un pequeño grupo de *procesos control*. Los sistemas se auto-organizan y un reducido número de procesos clave crea y mantiene la capacidad de auto-organización, por lo que si conseguimos identificar dichos procesos podremos modelar y gestionar un sistema complejo en su conjunto, ciertamente abrazando la idea de que éste presenta grados de incertidumbre y subjetividad al tomar decisiones.

De acuerdo a la Resilience Alliance, en una explicación acerca de la dinámica de los SSE, ésta se refleja como su movimiento a través del espacio. Usando la metáfora de las cuencas de atracción, los SSE pueden existir en una o más configuraciones de sistema (Figura 2) . Algunas configuraciones son deseables desde una perspectiva humana, y las demás indeseables. Cada configuración es en realidad un conjunto de estados del sistema que tiene la misma estructura y función esencial - y una configuración de este tipo (la misma estructura y función) se denomina un sistema de "régimen". Como los atributos biofísicos y sociales del cambio de sistema cambian, las posiciones de los atractores se mueven, y las diversas cuencas de atracción se hacen más pequeñas y más grandes, o aparecen y desaparecen. Figura 2: La metáfora de la "bola-en-la-cuenca" como representación de la resiliencia

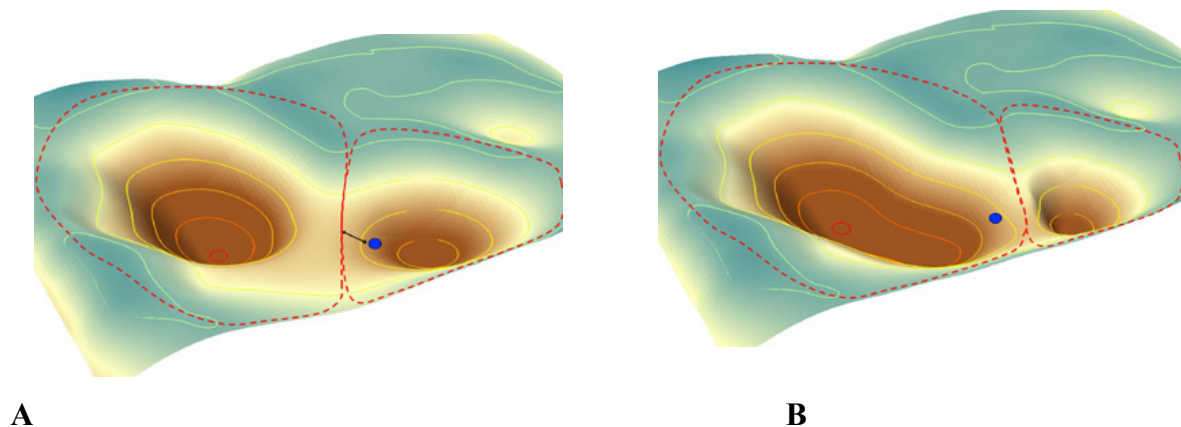


Figura 2. La metáfora de la "bola-en-la-cuenca" como representación de la resiliencia. El estado de este sistema de dos dimensiones es la pelota. Su dinámica hace que se mueva hacia el 'atractor' - la parte inferior de la cuenca. El sistema puede cambiar los regímenes ya sea cambiando el estado, o a través de cambios en la forma de la cuenca (es decir, a través de cambios en los procesos y la función del sistema), como se muestra en B.(Resilience Alliance <http://www.resalliance.org>)

La resiliencia es, por lo tanto, la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones y reorganizarse mientras se somete a cambios a fin de retener todavía esencialmente la misma función, estructura y retroalimentaciones - y por lo tanto la misma identidad.

2.4. La matriz ontológica morfogénica, las CIAT¹⁸ en sistemas socio-ecológicos

El paisaje es “un área de tierra heterogénea compuesta por un grupo de ecosistemas que se repiten a todo lo largo y ancho en formas similares.” (Forman y Godron,1986). La ecología del paisaje nace vinculada de manera estrecha con la geografía y presenta un desarrollo con mayor amplitud a partir de la segunda mitad del siglo XX. En la actualidad, es una perspectiva científica transdisciplinaria, consolidada y reconocida, que intenta comprender y ayudar a resolver algunos de los principales retos ambientales contemporáneos en la conservación del patrimonio natural y cultural¹⁹.

La confluencia entre la ecología y la geografía permiten el estudio del paisaje a partir de una visión que destaca la variabilidad espacial, escalar y temporal que requiere una visión desde el pensamiento y ciencias de la complejidad para su aprehensión dada la naturaleza dinámica de estos procesos involucrados.

Los ecosistemas que componen un paisaje, pueden variar en su estructura, función y composición de especies. La ecología de paisajes estudia el efecto de la configuración espacial de los mosaicos terrestres y acuáticos sobre una amplia variedad de fenómenos ecológicos y sociales, a múltiples escalas espaciales y temporales, en la cual interaccionan

¹⁸ Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar

¹⁹ Subirós, Josep Vila et al (2006) Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Doc. Anal. Geogr. 48, 2006 151-166.

los saberes biológicos, geofísicos, de la geografía humana, sociológicos, antropológicos, de la arquitectura del paisaje, entre otros que debe ser vista de manera transdisciplinar.

La ecología de paisajes contribuye al ordenamiento ecológico del territorio; a comprender la conversión del paisaje natural; a tomar decisiones acerca de cuáles de los fragmentos de ecosistemas naturales pueden perderse si afectan la integridad global del paisaje o su biodiversidad; a identificar los fragmentos que deben protegerse para reducir el peligro de extinción de alguna especie en particular o determinar cuál debe ser el grado de conexión entre ellos para ese mismo propósito; a evaluar el grado de conectividad entre fragmentos para minimizar los riesgos de dispersión de una perturbación; entre otros (Matteucci, 2009).

Para el tema del ordenamiento territorial es muy importante conocer la dinámica que ocurre en un territorio y cuáles serían los requerimientos mínimos en términos funcionales y estructurales para que éste mantenga su integridad funcional y puedan prestar los servicios ecológicos. Para la aprehensión de esto, se pasó del análisis puntual y la acción aislada de carácter reduccionista a la mirada de síntesis global y holística; esto es, se cambió del estudio y manejo de los componentes aislados al estudio y manejo del espacio que incluye dichos componentes, sus funcionalidades, el intercambio de masa, energía, información y sentido que lo caracterizan y poder contribuir a la comprensión de estos sistemas complejos.

Las unidades morfológicas y estructurales que componen el paisaje están relacionadas desde un punto de vista funcional, al producirse entre ellas intercambios de energía, materiales, organismos, información, etc. Evidentemente, los cambios y el dinamismo imperante en la composición estructural y morfológica del paisaje tienen su origen en la propia dinámica ecológica.

Para Baxendale, 2010; el concepto de paisaje es utilizado como unidades básicas en proyectos de ordenamiento territorial para el análisis, diagnóstico y propuesta del modelo de uso del territorio visto desde la Geografía.

De acuerdo con Subirós, Josep Vila et al, 2006; el elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, que está compuesto por todo un conjunto de elementos que lo componen y que se pueden aplicar e inferir a cualquier escala, desde la microscópica

hasta la planetaria. Tres mecanismos son los que originan esta distinción de elementos: las diferencias en el sustrato, la dinámica natural, con sus perturbaciones, y, finalmente, la actividad humana.

En el mosaico contiene tres tipos de elementos: los fragmentos (parcelas o parches), los corredores y la matriz. Los *fragmentos* actúan como las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio. Los *corredores* son las conexiones existentes entre los fragmentos y la *matriz* es el complejo formado por fragmentos y corredores. En las relaciones entre estos componentes se diferencian dos conceptos fundamentales: la *composición del paisaje* (la variedad y abundancia de fragmentos en un paisaje) y la *configuración* (la distribución espacial de los fragmentos).

La estructura está determinada por la composición, la configuración y la proporción de los diferentes parches en el paisaje. La función hace referencia a la forma en que cada elemento en el paisaje interactúa basado en los eventos de los ciclos de vida ²⁰. Las parcelas (fragmentos o parches) deben ser lo suficientemente grandes para ser sistemas autosustentables y que contienen amplias fuentes para atraer y sostener la vida silvestre. El tamaño será diferente basándose en las especies y pueden extenderse desde unos cientos de metros cuadrados hasta cientos de kilómetros cuadrados. Sin embargo, a medida que se achican las parcelas por las construcciones y las oportunidades de entrada y salida a la vida silvestre son eliminadas, dichas parcelas se pueden volver no viables, perdiendo gradualmente su habilidad para sostener la vida.

De acuerdo con Morláns, 2007; el concepto de escala se define como la medida del grado de resolución espacial y temporal de un proceso; sin embargo, desde la perspectiva de la ecología del paisaje “escala” se define como un grupo de parches (fragmentos o parcelas) que interactúan de manera significativa para el proceso ecológico que se aborda, en donde el tamaño del paisaje depende de la escala a la cual la variable de respuesta efectivamente responde.

²⁰ Morláns, María Cristina y Claudia Marcela Romero (2007) Evolución de la Fragmentación del Paisaje en el Valle Central de Catamarca Período 1973 – 2007. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013

Los efectos biológicos de la fragmentación de un bosque o su ruptura de simetría, tiene efectos múltiples tales como el cambio de las condiciones microclimáticas de los fragmentos, efectos sobre la abundancia de algunas especies y efectos sobre las interacciones biológicas, los que contribuirán a afectar en última instancia la biodiversidad existente en los bosques (Bustamante y Grez, 1995), aunque no con una relación causa-efecto directa ya que los efectos e interacciones se presentan a diferentes escalas espaciales y temporales.

Ecológicamente los parches representan áreas discretas o períodos de tiempo con condiciones ambientales relativamente homogéneas cuyos bordes se distinguen por discontinuidades ambientales en magnitudes que son percibidas o son relevantes para el organismo o proceso bajo observación²¹. Por lo cual la unidad funcional invariante de autosimilaridad transescalar (CIAT) que pueda mantener la composición morfológica funcional del paisaje y continuar brindando los servicios ecológicos serían **los fragmentos o parches**.

Con relación a los **hábitats urbanos**, en el ensayo acerca de la **metamorfosis en la ciudad contemporánea**²², Cardona et al, plantean “el reclamo de una metamorfosis de los sistemas constitutivos de la civilización contemporánea es un hecho. Esta realidad se ve reflejada en la célula básica conformadora de la sociedad, contenida en el grano urbano habitacional, que a su vez conforma la ciudad, así como en el “ser” del ciudadano que la desarrolla y con ello, en los sistemas que dirige“. En este ensayo acerca de sistemas urbanos, se plantea como la unidad habitacional integrada a la persona, es decir, tanto al espacio geográfico como a las personas en una unidad acoplada en una conformación de autosimilaridad transescalar. Cardona et al, elaboran que esa célula básica conformadora de la sociedad vive una transformación radical y puede ser irreversible”, apreciándose que el mismo, se altera ante los ojos de todos; conjeturando por supuesto, ese movimiento de transformación integral le da una oportunidad inesperada a la filosofía, de reabrir el horizonte ontológico de lo político, no para abatirlo sobre sus antiguos fundamentos ontológicos, sino para

²¹ Op. Cit. Morláns, Maria Cristina y Claudia Marcela Romero(2007).

²² Cardona, Richard, Bustos, Gabriela, Fiorino, Víctor Martín. Circadiana en el paisaje urbano desde la epistemología compleja Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas [online] 2011, 6 (Enero-Abril

“sincopar el ritmo del pensamiento sobre el mundo mediante una dinámica política”. De acuerdo con estos autores, allí, *donde las fuerzas de la nueva reacción devoran cada día más la fuerza de transformación para someterla a los imperativos del «crecimiento», que han comprometido la alteración de nuestro mundo, la transformación de la transformación es nuestra tarea: filosófica, política.*” (Manchev, 2009: 80).

Para Cardona et al, en la ciudad, el elemento clave invariante de autosimilaridad transescalar, es el *grano urbano habitacional, que a su vez conforma la ciudad, así como en el “ser” del ciudadano que la desarrolla.*

En el caso de las zonas costeras que son espacios territoriales donde, al igual que en la ciudad, se destacan por su gran heterogeneidad, por sus complejos hábitats interconectados. Las zonas costeras, como en la ciudad, cambian continuamente, se metamorfosean, pero en este caso por la interacción dinámica entre los océanos y la tierra, además de las antrópicas. Las olas y los vientos causan la erosión de las rocas y los sedimentos y depositan otros sedimentos de manera continua. La energía que alcanza la costa puede ser especialmente alta durante las tormentas, lo que hace que las zonas costeras sean altamente vulnerables a los peligros naturales. Esta interacción está regida por una serie de procesos costeros alimentados por las mareas, el viento, las corrientes y las olas. Interrumpir o cambiar estos procesos puede alterar la naturaleza de la costa tanto a escala local como a cierta distancia del origen²³. De acuerdo a su estructura básica, la zona costera puede ser costa rocosa, o la playa arenosa, o el humedal o manglar costero, que actúan como al patrón primario básico, como *conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar* (CIAT).

La línea concreta que determina la línea de costa puede definirse en base a la naturaleza dinámica de las mareas (Hasslet, 2009). En su lugar, podemos utilizar el término *zona costera*, que es una zona espacial en la que interactúan procesos marítimos y terrestres (Nelson, 2007). Las diferentes disciplinas científicas (ecología, geografía, hidrología, etc.) tienen definiciones comunes o parecidas del término costa²⁴. Sin embargo, a nivel político-

²³ Toma de decisiones y riesgos costeros: Una guía de buenas prácticas. Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Costeros

²⁴ Op.Cit. Toma de decisiones y riesgos costeros: Una guía de buenas prácticas

administrativo, la delineación de los límites de una costa difiere en función de la jurisdicción, ya que las autoridades gubernamentales y científicas de los distintos países definen sus zonas costeras de maneras significativamente diferentes por razones de política económica y social.

Los ecosistemas urbanos (o antropizados) evolucionan con el tiempo y el espacio como el resultado de las interacciones dinámicas entre los procesos socioeconómicos y biofísicos que operan en múltiples escalas²⁵. La capacidad de recuperación ecológica de los ecosistemas urbanos, el grado en que ellos toleran alteración antes de la reorganización en torno a un nuevo conjunto de estructuras y procesos, está influenciada por estas interacciones. De acuerdo con Alberti y Marzluff, 2004, estas interacciones complejas deben ser incluidas en el estudio de tales sistemas, ya que considerar las funciones humanas y el ecosistema por separado puede no ser adecuado para comprender la resiliencia del sistema, porque los sistemas socio-económicos y ecológicos integrados pueden comportarse de manera diferente que sus piezas separadas. Por esto, proponen que la resiliencia de los ecosistemas urbanos es una función de los patrones de las actividades humanas y los hábitat naturales que controlan y son controlados por los procesos socioeconómicos y biofísicos que operan a diferentes escalas.

2.5. La Panarquía y el modelo de Resilience Alliance para la evaluación de sistemas complejos socio-ecológicos

Los modelos de gestión de comando y control se enfocan en que los cambios de la naturaleza son lineales y predecibles, y apuntan hacia un estado de equilibrio. Buscan controlar los cambios, en situaciones de mínima complejidad e incertidumbre, de acuerdo con esta perspectiva, los ecosistemas pueden ser gestionados para conseguir que generen de forma continuada la máxima producción de un recurso determinado sin sobrepasar su capacidad de carga y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales. Este enfoque considera a los sistemas naturales y a los seres humanos como entidades separadas.

²⁵ Alberti, Marina and John M. Marzluff (2004) Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7: 241–265, 2004 Kluwer Academic Publishers. *Manufactured in The Netherlands*.

Los enfoques tradicionales de comando y control para la gestión de los ecosistemas que asumen un modelo estático del medio ambiente pueden hacer un sistema más vulnerable al enmascarar las propiedades críticas del sistema. Las intervenciones fragmentarias no preparan un sistema para tratar los cambios en curso y futuras interrupciones, los SSE no se pueden gestionar teniendo en cuenta una sola escala, ya que existen en diferentes escalas espacio-temporales y de organización social por lo que las interacciones a través de las escalas resulta imprescindible para la comprensión de estos sistemas complejos.

En vez de intentar controlar los recursos del sistema para maximizar una producción estable o una ganancia económica a corto plazo, se asume un contexto de incertidumbre y complejidad, buscando alcanzar una provisión sostenible de servicios ecosistémicos en el largo plazo, implica buscar el flujo de servicios y adaptarse a los shocks inesperados del sistema, alimentando su propia capacidad de aprendizaje y adaptación. Las dimensiones de la resiliencia socio-ecológica son aquellas que apuntan a la cantidad de cambios que el sistema puede soportar sin colapsarse; la capacidad del sistema para renovarse y reorganizarse después del cambio y la capacidad del sistema de aprender de la alteración para adaptarse mejor al cambio.

En un ejemplo práctico de la aplicación de la visión transdisciplinar y de un modelo que toma en cuenta las interacciones complejas entre ambiente y sociedad, así como de modelos de gestión en sistemas socio-ecológicos, en el Informe del proyecto de investigación EQUICO²⁶ *Emergencia de la quinua en el comercio mundial: consecuencias para la sostenibilidad social y agrícola en el altiplano boliviano*, se dice que , “la autoorganización espacial y temporal sirve como base no sólo para la ecología del paisaje (Musacchio 2009), sino también para la gestión social de los recursos naturales (Roe & Van Eeten 2001). La especialización de los sistemas y la regulación ambiental son el centro de muchos debates económicos y políticos en torno a la agricultura multifuncional y la gestión sostenible de los recursos (e.g. Mulvaney 2008). Las redundancias, y los compromisos que estas

²⁶ Winkel T. (coord.) 2011. Para durar, cambiemos: paradojas y lecciones del éxito de la quinua. Informe científico final del proyecto EQUICO - Emergencia de la quinua en el comercio mundial: consecuencias para la sostenibilidad social y agrícola en el altiplano boliviano. Cooperación Franco-Boliviana. ANR (Agencia Nacional de la Investigación, Francia), Proyecto ANR-06-PADD-011. CIRAD/CNRS/EHESS/INRA/IRD (coord.)/UM3. Montpellier, Francia. 92 p.

implican a veces en términos de eficiencia de los sistemas, son cuestionadas tanto por la ecología como por la economía, la sociología o la política (Dietz et al. 2003, Jackson et al. 2007). La dimensión cultural de las interacciones entre ser humano y naturaleza determina la innovación y otras capacidades de abstracción indispensables para la adaptabilidad de estos sistemas, particularmente en el momento de examinar las expectativas en cuanto al futuro deseable y la sostenibilidad (Crabbe 2006; Roe 1996; Siebenhüner 2000)''.

Con relación a la sustentabilidad Hollins²⁷ destaca que los sistemas socio-ecológicos, adaptativos y evolutivos son auto-organizados, y un pequeño conjunto de procesos críticos crean y mantienen esta auto-organización. "Auto-organización" es un término que caracteriza la dinámica de los sistemas adaptativos complejos, en los que **múltiples resultados normalmente son posibles** dependiendo de los accidentes de la historia. Entre las características de los sistemas complejos adaptativos, pueden citarse la diversidad y la individualidad de los componentes, las interacciones localizadas entre los componentes , y un proceso autónomo que utiliza los resultados de las interacciones locales para seleccionar un subconjunto de los componentes para la mejora o la transformación (Levin 1999). Estos procesos establecen una plantilla (patrón) en el que una gran cantidad de otras variables ejercen su influencia. Tales variables "subsidiarias" o factores pueden ser relevantes e importantes, pero los factores de control críticos resultan los de mayor relevancia para la dinámica. Aclara Hollins que "si la sostenibilidad significa cualquier cosa, tiene que ver con el **pequeño conjunto de variables auto-organizadas críticas** y las transformaciones que se pueden producir en ellas durante el proceso evolutivo del desarrollo de la sociedad" .

La Panarquía, es una teoría integradora que fue desarrollada en el marco del "Proyecto Resiliencia", en una colaboración de 5 años entre un grupo internacional de ecólogos, economistas, científicos sociales y matemáticos. El proyecto se inició con la búsqueda de una teoría integradora y ejemplos de esa integración en la práctica. Su objetivo era desarrollar y probar los elementos de esta teoría con el grado de simplicidad necesaria para la comprensión, sino también la complejidad necesaria para desarrollar políticas para la sostenibilidad. La principal conclusión del Proyecto Resiliencia es que: *la era de la gestión*

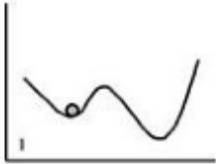
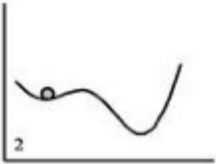
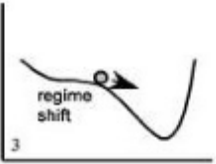
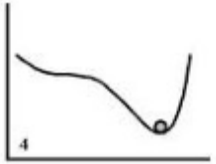
²⁷Holling, C. S. *Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems* (2001) Ecosystems Springer-Verlag. 4: 390–405. DOI: 10.1007/s10021-001-0101-5

de los ecosistemas a través de aumentos incrementales en la eficiencia ha terminado. Ahora estamos en una época de transformación, en el que la gestión de los ecosistemas debe construir y mantener la resiliencia ecológica y social con la flexibilidad necesaria para hacer frente, innovar y adaptarse.

"Panarquía" es el término que utiliza para describir un concepto que explica el carácter evolutivo de los sistemas adaptativos complejos. Es la estructura jerárquica (en realidad, de niveles) en la que los sistemas de la naturaleza (por ejemplo, bosques , praderas , lagos , ríos y mares) , y los humanos (por ejemplo, las estructuras de gobierno , asentamientos y culturas) , así como sistemas humano-naturaleza acoplados (por ejemplo, los organismos que controlan el uso de los recursos naturales) y los sistemas socio-ecológicos (Folke y otros, 1998), están relacionados entre sí en interminables ciclos de adaptación de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación.

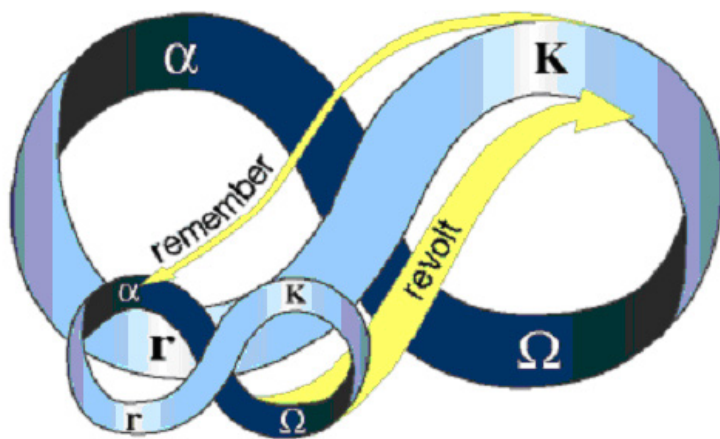
Dice Holling 2001, que debido a que la palabra "jerarquía" está tan agobiada por el carácter rígido, de arriba hacia abajo en su sentido común, decidió buscar otro término que capturara la naturaleza adaptativa y evolutiva de los ciclos de adaptación que están anidados unos dentro de los otros a través del espacio y escalas de tiempo. El objetivo era destacar la interacción entre el cambio y la persistencia, entre lo previsible y lo imprevisible. Por lo tanto, se fundió la imagen del dios griego Pan como epítome de cambio impredecible con la noción de jerarquías a través de escalas, e inventar un nuevo término que podría representar las estructuras que sostienen este experimento conceptual, probar sus resultados, y permitir evolución adaptativa, de allí el término "panarquía".

Ciertas características de los SSE es que son altamente cambiantes e impredecibles por lo que la incertidumbre es inherente a los objetivos de gestión. Las perturbaciones son oportunidades para aprender y cambiar. La gestión de la resiliencia va dirigida a evitar que los SSE adquieran regímenes no deseados, es decir aquellos que generan menos servicios ecosistémicos.

Figura 3: Ejemplos de ecosistemas y cambios de régimen catastróficos				
Sistema	Estado deseado	Pérdida de resiliencia	Perturbación	Estado no deseado
				
Lago	Aguas claras	Acumulación de fósforo en los sedimentos del lago	Fuertes lluvias, inundación	Estado no deseado
Arrecife	Dominancia de coral	Sobrepesca, eutrofización de la costa	Enfermedades, huracanes	Dominancia de algas
Pastizal	Dominancia de herbáceas	Prevención de incendios	Fuertes lluvias, sobrepastoreo	Dominancia de arbustos
Fuente: Gonzalez, José (2008) <i>Sistemas socio-ecológicos y resiliencia: Un nuevo enfoque para la gestión de los ecosistemas y su relación con el bienestar humano</i> . Seminario Taller “Análisis y retos de la gestión en el sistema socio-ecológico Ciénaga Grande de Santa Marta” 28 y 29 de enero de 2008. Laboratorio de Socio-ecosistemas. Presentación PPT.				

La Figura 4 representa las cuatro fases del ciclo de adaptación con la dimensión añadida de los sistemas, ilustra los vínculos entre escalas entre los sistemas representados por el ciclo de adaptación (modificado de Gunderson y Holling, 2002) conectada a través de escalas. Esta configuración de los ciclos de adaptación ligados a múltiples escalas se refiere como un Panarquía. Lo que sucede en un sistema en un nivel puede afectar lo que sucede en otras escalas. La gestión de un sistema socio-ecológico por requiere una comprensión de lo que

está ocurriendo en múltiples escalas y cómo el sistema central responde a las limitaciones impuestas a los sistemas de mayor escala o la innovación de escalas anidadas pequeños.²⁸



La Figura 4: "Panarquía" - adaptación con ciclos anidados, con influencias entre las escalas.

Crecimiento o explotación (r) Conservación (K) Colapso o liberación (omega)
Reorganización (alpha)

El manual de evaluación de la resiliencia en Sistemas socio-ecológicos²⁹ propone que la dinámica de los sistemas socio-ecológicos pueden ser explorados usando las diversas fases de cambio que los sistemas naturales pasan por el paso del tiempo. Los ecosistemas tienden a desplazarse a través de cuatro fases, que pueden ser descritos como un rápido crecimiento (r), la conservación de los recursos (k), la liberación de los recursos (Ω), y la reorganización (α). Estas cuatro fases, colectivamente denominados el ciclo de adaptación, describen cómo los sistemas cambian con el tiempo. Entender cómo un sistema cambia internamente, en términos de su vulnerabilidad a las perturbaciones y su capacidad de respuesta a medida que avanza a través de diferentes fases de cambio, pueden informar el tipo o el momento de las intervenciones de gestión. Las acciones tomadas durante una fase pueden afectar el sistema muy diferente a las mismas medidas adoptadas en otras ocasiones y las ventanas de oportunidad pueden ser breves.

Los modelos clásicos de gestión se han enfocado en el bucle delantero, con el objetivo de mantener el sistema en la fase de explotación-conservación.

²⁸ Fuente: http://www.resalliance.org/index.php/key_concepts. Revisado 10 oct 2013.

²⁹ Op.Cit. Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Practitioners (2007).

El modelo de gestión de la resiliencia, en cambio, se centra en el bucle trasero, adoptando medidas que preparen al sistema para que sea capaz de soportar las crisis y reorganizarse después de una fase de colapso.

El bucle delantero (*la sucesión ecológica clásica*)

Fase Explotación (r): Especies pioneras oportunistas, competencia, incremento de capital, aprendizaje (innovaciones), redes simples, crecimiento rápido, colonización rápida

Fase Conservación (k): Estabilidad/consolidación (climax clásico): Especies k estrategias, predecible baja incertidumbre, crecimiento y acumulación lento (energía y materiales), mantenimiento de capital, redes complejas, vulnerable

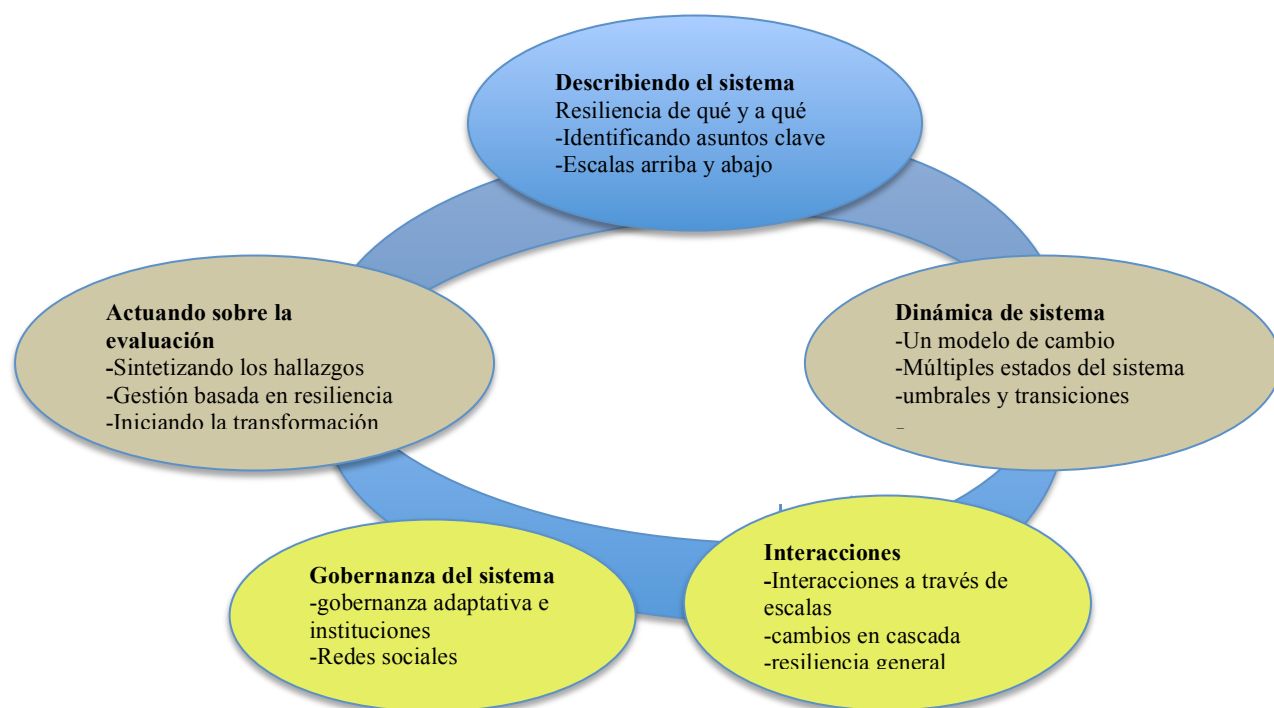
El bucle trasero (*la destrucción creativa*)

Fase Colapso (Ω): Desestabilización del sistema, perturbaciones, muy rápida, ruptura de redes, gran incertidumbre, comportamiento caótico, destrucción de capital

Fase Reorganización (α): Fase crítica (determina el futuro del siguiente ciclo), renovación y reinversión, impredecible, innovaciones y oportunidades reestructuración, ausencia de conexiones, abierto a invasiones externas

Se propone un marco de Marco de evaluación de la resiliencia de los SSE con cinco etapas principales, a partir de la descripción del sistema, la comprensión de la dinámica de sistemas, sondeando las interacciones del sistema, la evaluación de la gobernanza, y, finalmente, actúa sobre la evaluación para completar el bucle retroactivo. El proceso es iterativo y reflexivo en cada etapa y requiere referirse a los pasos anteriores y revisar, según sea necesario:

Figura 5: Marco conceptual de la evaluación de SSE (Traducida de Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Practitioners ,2007).



El primer paso en una evaluación de la resiliencia es definir los límites socio-ecológicos del sistema que se evaluará. Estos límites, tanto espacial (por ejemplo, una cuenca o región) y temporal (por ejemplo, durante un período de cinco o cincuenta años) comprenden lo que se conoce como el sistema focal. La identificación de los principales temas de interés para la evaluación es el primer paso hacia la definición de estos límites.

No hay una fórmula precisa para establecer los límites de un sistema. Las evaluaciones iniciales pueden cambiarse a medida que se profundiza la comprensión del sistema. Cualquier sistema es influenciado por factores que se encuentran tanto dentro como fuera de sus fronteras. Por tanto, una evaluación de la resiliencia total del sistema debe tener en cuenta las interacciones entre escalas. En esta sección de la evaluación, se considera principalmente el sistema focal y sus subcomponentes, en secciones posteriores, se tendrán en cuenta los sistemas anidados en escalas por encima y por debajo del sistema central.

El proceso de evaluación ayuda a determinar los componentes críticos del sistema que se deben incluir en un modelo conceptual del sistema focal, que constituirá la base de la evaluación. Sin embargo, es probable que la comprensión de qué es crítico y qué no lo es cambie a medida que se mejora la comprensión del sistema. La reflexividad y la voluntad para ajustar los límites del sistema y los componentes críticos son parte fundamental en una evaluación de la resiliencia.

Es en este primer paso que resulta necesario comprender primero **qué es eso** que está cambiando, cuál es esa unidad morfogenética transescalar que queremos aprehender. Los patrones dinámicos en los sistemas complejos, que son iterativos y que se encuentran en todas las escalas y corresponden al patrón primario básico, las *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar*³⁰ (CIAT) sería el primer paso conceptual antes de emprender los siguientes pasos en la evaluación de la resiliencia.

3. Conclusiones

Como Hollins, Berkes y Folke, 1998³¹ dicen con relación a la gestión de sistemas socioecológicos en la búsqueda de resiliencia y sustentabilidad, los SSE son **no lineales en su naturaleza, escala transversal en el tiempo y en el espacio, y tienen un carácter evolutivo**. Esto es cierto tanto para los sistemas naturales y sociales, por lo que se requiere para la comprensión de los mismos los modos **transdisciplinarios e integrados de investigación, desde la nueva ventana del pensamiento y ciencias de la complejidad**³². Además, es necesario entender (pero no necesariamente una explicación completa) el sistema acoplado de los seres humanos-naturaleza para la formulación de políticas.

³⁰ Op.Cit.Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT.

³¹ Op.Cit.Holling, C. S., Fikret Berkes, and Carl Folke(1998)*Linking Social and Ecological Systems*

³² Op.Cit.Sotolongo, PedroL(2012) *Looking Through Ulanowicz's "Third Window"*.

Las *Conformaciones invariantes de autosimilaridad transescalar* (CIAT)³³ desempeñan el papel de articulación sistémico-complejos que lo caracteriza a través de sus diversas escalas desde el punto de vista de su complejidad sistémica, ésta **noción resulta importante para determinar la resiliencia de un sistema complejo**. Esto tiene importancia cuando pensamos en términos de desarrollo sustentable y le adjudicamos una valoración a los estados deseados de esas conformaciones socio-ecológicas.

La propuesta de la Panarquía (Gunderson and Holling, 2001) y de la Evaluación de la resiliencia propuesta por la Resilience Alliance resultan métodos adecuados para aprehender los sistemas dinámicos no lineales complejos como son los SSE. Como Holling destaca³⁴, la Panarquía es una representación de las formas en que un sistema socio-ecológico saludable puede inventar y experimentar, beneficiándose de las invenciones que crean oportunidades mientras que se mantiene a salvo de los que desestabilizan el sistema debido a su naturaleza o la exuberancia excesiva. Cada nivel se le permite operar a su propio ritmo, protegido desde arriba por uno más lento, de mayor nivel, pero fortalecido desde abajo por los ciclos de innovación más rápidos, más pequeños. Por tanto, el conjunto de panarquía es a la vez creativo y conservacionista. Las interacciones entre los ciclos en un panarquía combinan el aprendizaje con continuidad. Este proceso puede servir para aclarar el significado de "desarrollo sostenible". La sostenibilidad es la capacidad para crear, probar y mantener la capacidad adaptativa y el desarrollo es el proceso de creación, prueba y mantenimiento de las oportunidades. La frase que combina los dos, el "desarrollo sostenible", por lo tanto, se refiere al objetivo de fomentar la capacidad de adaptación, creando al mismo tiempo oportunidades.

Como Edward Wilson destaca, *‘la biosfera, todos los organismos juntos, constituye sólo una parte en diez mil millones de la masa de la Tierra. Es escasamente distribuida a través de una capa de tierra, agua y aire de un espesor de un kilómetro que cubre más de 500 mil millones de kilómetros cuadrados de la superficie’*³⁵. La capacidad de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas depende tanto de su dinámica interna como de sus respuestas dinámicas a las presiones humanas. **La resiliencia de la biosfera es crítica para**

³³ Op.Cit. Sotolongo, P.L.,2013.PPT.

³⁴ Op.Cit. Holling, C. S. *Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems* (2001)

³⁵ Edward Wilson, (1992) *The Diversity of Life*, Harvard University Press, p. 33.

la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos.

Tal como plantea el informe sobre el futuro de la sostenibilidad en el siglo XXI, el problema no es que los valores aspiracionales que representan estén equivocados sino que son trillados y desgastados³⁶. En su formulación actual, son demasiado imprecisos para impulsar el cambio eficaz en la escala requerida y es evidente que lo que se necesita a comienzos del siglo veintiuno son cambios sistémicos. La escala de transformación requerida demanda **nuevos conceptos, nuevas ideas, nuevas formas de involucrar a los ciudadanos y líderes de opinión en la búsqueda de soluciones.**

Ellinor Olstrom³⁷ en su presentación acerca de la sustentabilidad en los Sistemas socio-ecológicos³⁸, donde se plantea si es posible esta sustentabilidad, dice que los esfuerzos anteriores para imponer soluciones sencillas para estos problemas complejos han conducido con frecuencia a resultados peores que los problemas abordados. Nuestra necesidad actual es la construcción de una **sólida ciencia interdisciplinaria de sistemas complejos**, de varios niveles que permitan con el paso del tiempo una adecuación de las posibles soluciones a un cuidadoso diagnóstico de problemas específicos integrados en un contexto socio-ecológico.

Como dice Hollins, en esta época de transformación, la gestión de los ecosistemas debe construir y mantener la resiliencia ecológica y social con la flexibilidad necesaria para hacer frente, innovar y adaptarse. El objetivo del enfoque es movilizar las evidencias que comienzan a definir lo que se sabe, lo que es incierto y lo que no se conoce. Siempre nos quedamos con **el mejor juicio, no con certezas.**

³⁶ Op.Cit.El Futuro de la Sostenibilidad: Repensando el Medio Ambiente y el Desarrollo en el Siglo XXI,2006

³⁷ Elinor Ostrom, primera mujer en ganar el premio Nóbel de ciencias económicas en 2009, por su análisis de la gobernanza económica, especialmente de los recursos compartidos" (1933-2012)

³⁸ Ostrom, Elinor (2007) *Sustainable Social-Ecological Systems: An Impossibility?*. Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change and Workshop in Political Theory and Policy Analysis at Indiana University. Presented at the 2007 Annual Meetings of the American Association for the Advancement of Science, "Science and Technology for Sustainable Well-Being," 15–19 February in San Francisco, CA.

4. Referencias Bibliográficas

- ❖ Alberti, Marina and John M. Marzluff (2004) Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7: 241–265, 2004 Kluwer Academic Publishers. *Manufactured in The Netherlands*
- ❖ Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Practitioners (2007). Revised Version 2.0. Resilience Alliance. *Online*: <http://www.resalliance.org/3871.php>
- ❖ Assessing Resilience In Social-Ecological Systems, A Workbook For Scientists (2007). Version 1.1. Resilience Alliance.
- ❖ Audouin, M., R. Preiser, S. Nienaber, L. Downsborough, J. Lanz, and S. Mavengahama. 2013. Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems. *Ecology and Society* **18** (3): 12. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05434-180312> Published here under license by the Resilience Alliance.
- ❖ Baxendale, C.A. (2010). *El estudio del paisaje desde la Geografía. Aportes para reflexiones multidisciplinarias en las prácticas de ordenamiento territorial*. Fronteras. 9:25-31.
- ❖ Bertalanffy, L. von (1968). *General System Theory, Foundations, Development and Applications*. Nueva York: George Braziller.
- ❖ Forman, R.T.T. and Godron, M. (1986) *Landscape ecology*. John Wiley, New York
- ❖ Cardona, Richard, Bustos, Gabriela, Fiorino, Víctor Martín. (2011) *Circadiana en el paisaje urbano desde la epistemología compleja*. Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas [online] 2011, 6 (Enero-Abril) : [Date of reference: 21 / septiembre / 2013] Available in: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=709184990005>> ISSN 1856-1594
- ❖ Edward Wilson, (1992) *The Diversity of Life*, Harvard University Press, p.33
- ❖ El Futuro de la Sostenibilidad: Repensando el Medio Ambiente y el Desarrollo en el Siglo Veintiuno. W. M. Adams Reporte de la Reunión de Pensadores, Zurich, 29-31 January 2006 www.iucn.org

- ❖ Ostrom, Elinor (2007) *Sustainable Social-Ecological Systems: An Impossibility?*. Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change and Workshop in Political Theory and Policy Analysis at Indiana University. Presented at the 2007 Annual Meetings of the American Association for the Advancement of Science, “Science and Technology for Sustainable Well-Being,” 15–19 February in San Francisco, CA.
- ❖ Holling, C. S., Fikret Berkes, and Carl Folke (1998) *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Science, Sustainability, and Resource Management ed. Fikret Berkes and Carl Folke, 342–362. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- ❖ Holling, C. S. *Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems* (2001) Ecosystems Springer-Verlag. 4: 390–405. DOI: 10.1007/s10021-001-0101-5
- ❖ Matteucci, Silvia (2009) *Ecología de Paisajes: concepto, historia, campos de aplicación*.
- ❖ Matteucci, S. (2006) *Ecología de Paisajes: ¿Qué es hoy en día?* En: Fronteras N° 5 Publicación anual del GEPAMA (Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente). Año 5 N°5 Octubre. FADU – UBA. Buenos Aires. pp 1-7. ISSN 1667-3999.
- ❖ Morláns, Maria Cristina y Claudia Marcela Romero (2007) *Evolución de la Fragmentación del Paisaje en el Valle Central de Catamarca Periodo 1973 – 2007*. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013
- ❖ Toma de decisiones y riesgos costeros: Una guía de buenas prácticas. Red Atlántica para la Gestión de los Riesgos Atlantic Network for Coastal Risk Management. RPS Group, Galway, Irlanda.
- ❖ Sotolongo, Pedro Luis. (2013) Presentación PPT. Especialidad Pensamiento y Ciencias de la Complejidad. Instituto Global de Altos Estudios, Iglobal, Santo Domingo, República Dominicana.
- ❖ Sotolongo, Pedro L. (2012) *Looking Through Ulanowicz's “Third Window”*. Journal Article. Axiomathes, Vol 22, Issue 2 pp 207-221 Springer Netherlands. <http://dx.doi.org/10.1007/s10516-011-9175-7>
- ❖ Sotolongo, Pedro Luis. *Complejidad y morfogénesis: De las propiedades de los sistemas a la existencia misma de tales sistemas*. Instituto de Filosofía de La Habana, Cuba.

- ❖ Subirós, Josep Vila et al (2006) Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Doc. Anal. Geogr. 48, 2006 151-166.
- ❖ Winkel T. (coord.) 2011. Para durar, cambiemos: paradojas y lecciones del éxito de la quinua. Informe científico final del proyecto EQUICO - Emergencia de la quinua en el comercio mundial: consecuencias para la sostenibilidad social y agrícola en el altiplano boliviano. Cooperación Franco-Boliviana. ANR (Agencia Nacional de la Investigación, Francia), Proyecto ANR-06-PADD-011. CIRAD/CNRS/EHESS/INRA/IRD (coord.)/UM3. Montpellier, Francia. 92 p.
- ❖ Páginas consultadas:
http://www.resalliance.org/index.php/key_concepts. Revisado septiembre y oct 2013.
www.iucn.org Revisada septiembre y octubre 2013