
Ciclo de renovación adaptativa

Ing. Arturo M. Calvente

Ref.
Complejidad y sustentabilidad
UAIS-CS-200-004

Junio 2007

Abstract

La capacidad de transformación es una característica fundamental en los sistemas sustentables (sociales, ecológicos, políticos, económicos ó tecnológicos) sin embargo uno de los múltiples aspectos que más incidencia tiene en el ámbito humano es que estos sistemas deben presentar una fuerte predisposición a la innovación y el aprendizaje, es decir, debe existir evolución evidente. Después de detalladas investigaciones sobre el comportamiento de diferentes sistemas socio-ecológicos Holling (1986) observó que los ecosistemas fluyen a través de ciclos irregulares de organización, crecimiento, colapso y renovación. El ciclo de renovación adaptativa que veremos es un intento de capturar las propiedades no-lineales observadas durante el estudio de sistemas complejos socio-ecológicos.

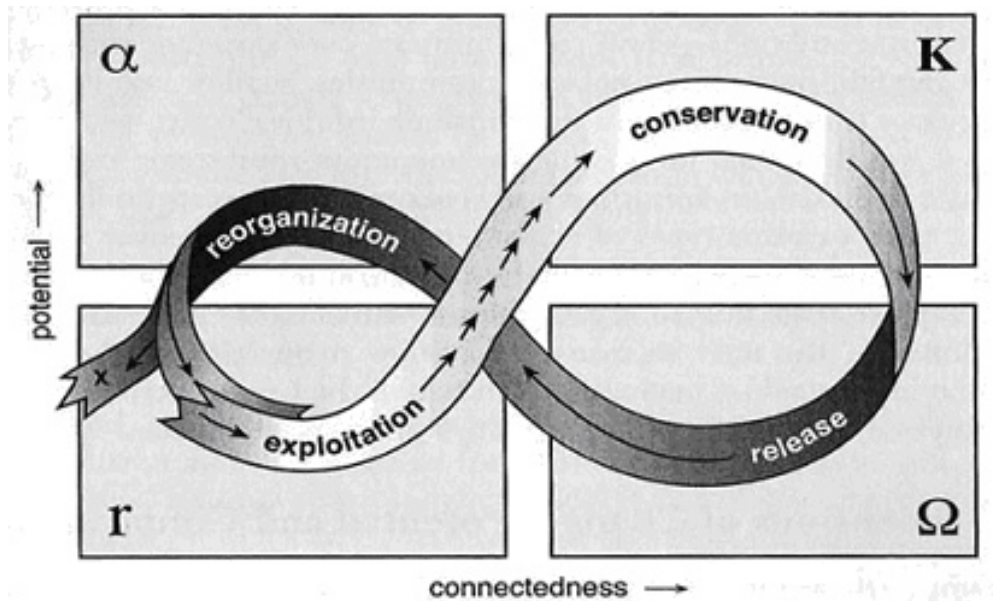
La capacidad de transformación es una característica fundamental en los sistemas sustentables (sociales, ecológicos, políticos, económicos ó tecnológicos) sin embargo uno de los múltiples aspectos que más incidencia tiene en el ámbito humano es que estos sistemas deben presentar una fuerte predisposición a la innovación y el aprendizaje. No es en vano que en estos últimos años se este hablando con más ímpetu que nunca (especialmente desde aquellas disciplinas relacionadas con el desarrollo de organizaciones socio-técnicas) acerca la importancia para nuestro sistema humano de las organizaciones que “aprenden”, las organizaciones “inteligentes” y las organizaciones como “sistemas vivos”, toda esta oleada de nuevos conceptos dirigidos a reformular la manera en que interpretamos y desarrollamos nuestro accionar como agentes co-evolutivos radica en el hecho de que debemos comenzar a comprender que una de las características en estos tipos de sistemas (desde su naturaleza) es que son sistemas dinámicos y complejos que operan alejados del equilibrio en contraposición a nuestro proceso de pensamiento lineal y determinista donde todavía vemos a los sistemas dinámicos operando cercanos al equilibrio (mantiene constantes las variables a través del tiempo, no permite la desviación ni la amplificación de los valores de ninguna de ellas, lo cual fomenta una resistencia al cambio). Esta visión forma parte de nuestra concepción mecanicista “moderna” de las organizaciones, la nueva visión basada en un sistema socio-ecológico no admite bajo ninguna aspecto la sustentabilidad basada en una dinámica lineal y mecanicista.

Como parte fundamental del enfoque que se le dará a la resiliencia en este programa es importante que realicemos una pequeña introducción al concepto del Ciclo de Renovación Adaptativa desarrollado por C.S Holling ya que será el sustento fundamental para comprender la dinámica no lineal del comportamiento de los sistemas adaptativos complejos.

Si bien es indudable que los avances tecnológicos modelan de manera significativa el relieve adaptativo de las sociedades y el sistema humano también es cierto que es de extrema importancia la “innovación de pensamiento” desde el marco socio-cultural ya que todo nuevo proceso de transformación tecnológica/demográfica requiere de un equivalente proceso de transformación en la dinámica mental de interpretación y de acción. La tecnología carece de inteligencia, no es nada si no se propaga el proceso de razonamiento adecuado para darle un uso adecuado según las necesidades del entorno de referencia y sus consecuencias en el largo plazo. La idea de un capitalismo “sustentable” tendrá como epicentro para una nueva economía las relaciones convergentes de sistemas complejos eco-socio-técnicos. Si se desarrollan nuevas tecnologías para el cuidado del planeta, la energía y los recursos naturales pero no se acompaña de una profunda concientización global acerca de la importancia de su utilización. Sus consecuencias en el largo plazo y la forma en que debemos interpretar este nuevo mundo, lo único que en apariencia nos espera es el colapso de las generaciones venideras.

Después de detalladas investigaciones sobre el comportamiento de diferentes sistemas socio-ecológicos Holling (1986) observó que los ecosistemas fluyen a través de ciclos irregulares de organización, crecimiento, colapso y renovación. Así ejemplifica que un bosque atraviesa las fases de crecimiento y madurez, seguido de perturbaciones e inestabilidades (como el fuego) que libera los nutrientes para continuar el camino de un nuevo ciclo de crecimiento. Un ciclo de negocios puede consistir en una compañía recién iniciada y que comienza a crecer en sus primeras etapas, la compañía puede eventualmente decaer y quedar afuera del mercado lo que la obligaría a cerrar sus puertas, mientras que los recursos humanos y su experiencia acumulada pueden combinarse con otros recursos y reorganizar un nuevo negocio. Los imperios comienzan como pequeños pueblos que crecen con el tiempo y que eventualmente colapsan, pero dando la posibilidad del surgimiento de nuevas naciones y dejando atrás viejas creencias y modelos de organización tradicionales.

El ciclo de renovación adaptativa que veremos es un intento de capturar las propiedades no-lineales observadas durante el estudio de sistemas complejos socio-ecológicos sin embargo se limita a observar el comportamiento en una escala determinada, el comportamiento multiescalar (las interacciones recíprocas entre diferentes escalas) esta contemplado en el concepto de “Panarquía” desarrollado por Holling y Gunderson para el Resilience Project que complementa y amplía las dinámicas del ciclo adaptativo especialmente en aquellos sistemas socio-ecológicos donde la interacción y el desarrollo de la sociedad con su entorno es lo más importante. Este ciclo se compone de 4 etapas: explotación, conservación, liberación y reorganización, ordenados en un eje tridimensional (tres variables): potencial disponible, nivel de conectividad y la tercera dimensión que es la resiliencia (no se presenta en este gráfico):



fuente: copyright 2002 Island Press, "Panarchy"

El aspecto más significativo que plantea este ciclo es la importancia que se le da a la fase de Crecimiento ("front loop", bucle principal de explotación y conservación, bucle r-K) como a la fase de Desarrollo (reorganización e innovación, "back loop", bucle secundario de liberación/colapso y reorganización, bucle omega-alfa) lo que marca la diferencia sustancial hacia la visión de una dinámica no-lineal, propia de un pensamiento complejo ya desarrollado. Esta integración no-lineal se debe a que diferentes investigaciones realizadas en el campo de los sistemas complejos socio-ecológicos y la teoría acumulada de diferentes disciplinas dieron como resultado que el bucle secundario es la clave para realizar transformaciones radicales e influir en los eventos, saber cuando es el momento de transformarse es el verdadero arte del aprendizaje y la sustentabilidad. Todos conocemos la famosa teoría de los límites al crecimiento y de los ciclos de vida pero la pregunta es: cómo sabe la naturaleza que debe promover una reorganización e iniciar un nuevo ciclo de crecimiento en un momento y espacio determinado? No sabemos muy bien porque, lo que si sabemos es que el sistema lo aprende, y que nosotros como seres cognitivos también podemos aprenderlo para incorporarlo en nuestras organizaciones humanas. Los mecanismos que permiten esta renovación adaptativa son dinámicas identificadas como la resiliencia del sistema complejo, su capacidad para reorganizarse, transformarse e innovar a fin de continuar la brecha evolutiva e iniciar la siguiente fase de crecimiento en un continuum ininterrumpido donde justamente la sustentabilidad es el aspecto más relevante que tiene esta etapa. Un sistema complejo es sustentable porque ha desarrollado una resiliencia suficiente para adaptarse y evolucionar a pesar de las volatilidades ambientales y relacionales.

De este modo, una de las cosas que intenta enseñarnos este modelo del ciclo de renovación adaptativa es que, por un lado las fuerzas desestabilizadoras son un factor importante para mantener la diversidad, la resiliencia y la oportunidad, es decir, son importantes para la innovación. Pero, por otro lado, las fuerzas estabilizadoras son también importantes para mantener la productividad y el crecimiento una vez reorganizado el sistema. Ambas situaciones, el bucle primario (explotación y conservación) y el bucle secundario (liberación y

reorganización) son necesarios para el desarrollo sustentable de cualquier sistema complejo, como vemos este modelo nos aleja principalmente del modelo lineal al que estamos acostumbrados (que sólo observa el crecimiento), promoviendo una dinámica no-lineal sobre la cual poder trabajar para de desarrollar las actividades de nuestro sistema humano.

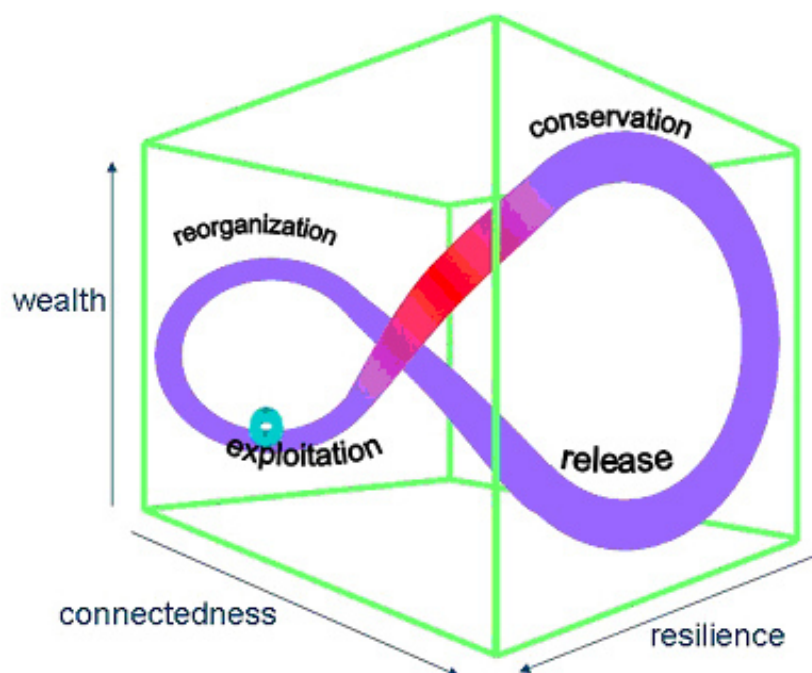
Cómo hemos mencionado (y no esta de más repetirlo) las diferentes etapas del ciclo adaptativo no son etapas aisladas que empiezan y terminan en un momento determinado, sino que más bien están integradas y son discontinuas en el tiempo.

Lo más interesante al observar este modelo es encontrar las similitudes con el accionar de nuestro sistema humano. Así es que Gunderson (1995) afirma que en diferentes investigaciones sobre el desarrollo regional y la administración de ecosistemas tres propiedades (dimensiones) y cuatro fases parecen modelar las respuestas de los ecosistemas, las instituciones y las sociedades:

Dimensión Potencial. Representa el potencial disponible para el cambio, ya que eso condiciona el rango de opciones posibles.

Dimensión Conectividad. El grado de conectividad entre los agentes, una medida que refleja el grado de rigidez o flexibilidad del sistema y su sensibilidad a las variaciones internas o externas.

Dimensión Resiliencia. La resiliencia del sistema, una medida de su vulnerabilidad a situaciones inesperadas o impredecibles. A medida que se suceden las fases del ciclo adaptativo la resiliencia se expande y se contrae (es dinámica a lo largo del tiempo). La resiliencia se contrae progresivamente a medida que el ciclo se mueve hacia la fase K (Conservación y acumulación) donde el sistema se convierte en más frágil. Se expande progresivamente mientras el sistema se mueve hacia la fase Alfa (reorganización, el bucle secundario) para reorganizar los recursos a fin de iniciar un nuevo ciclo de crecimiento en R.



R : Explotación y crecimiento

Holling plantea que el crecimiento de una célula así como el de una sociedad puede darse en forma gradual y en raras ocasiones también en forma abrupta, como el caso del crecimiento exponencial. Este crecimiento, que es de extrema importancia para cualquier sistema complejo, crea un potencial que tiene la capacidad de acumularse en el tiempo sin embargo fomenta o estimula dos atributos mutuamente conflictivos: se incrementa el potencial de sistema pero también se incrementa su vulnerabilidad a las inestabilidades ya que aumenta la conectividad entre componentes. Rasgos característicos en nuestras sociedades humanas: ocupación de nichos y mercados, surgimiento, crecimiento y afianzamiento de nuevos líderes, socialización a gran escala de la innovación, las tecnologías y los procesos, etc.

K : Conservación y acumulación.

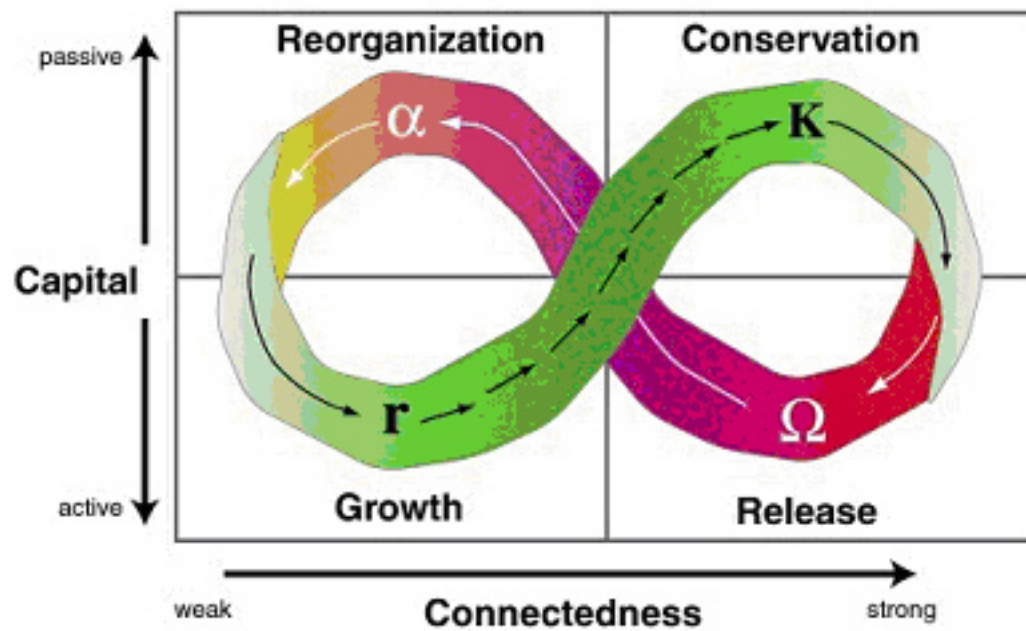
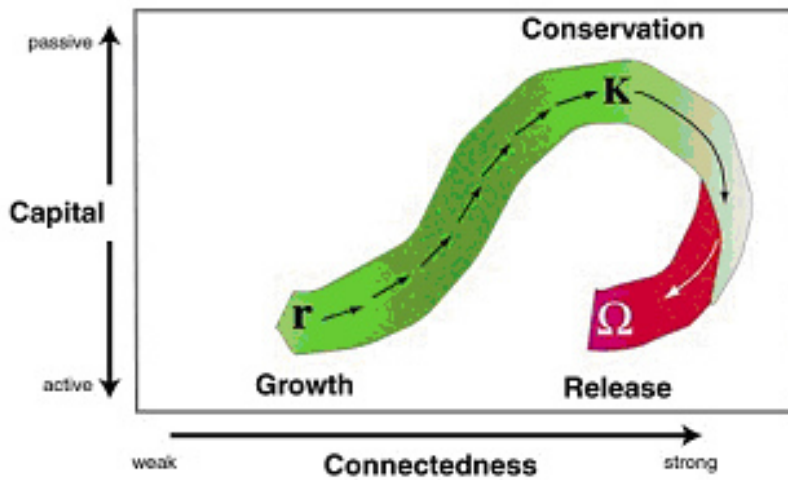
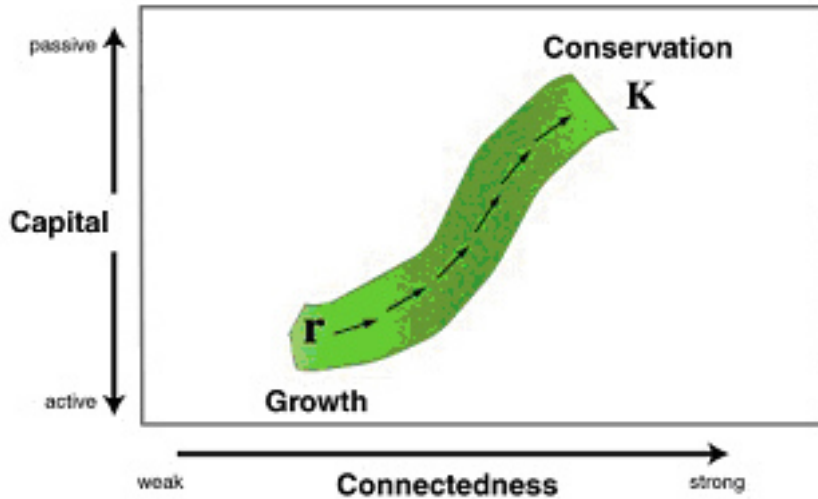
La acumulación progresiva de este potencial representa un crecimiento en “riqueza” disponible para aquellas estructuras con la capacidad de adquirirla, almacenarla, mantenerla y utilizarla. El sistema aumenta su complejidad. A su vez el incremento en complejidad viene de la mano de un crecimiento en estructura y conectividad y por ende en vulnerabilidad. Agentes, relaciones e interacciones que conforman el “status quo”. Rasgos característicos en nuestras sociedades humanas: “Status Quo”, saturación, hiperconectividad, burocracia, estructuras rígidas, resistencia al cambio

Omega: Liberación de potencial acumulado.

Durante estos períodos de crisis la incertidumbre es muy grande y el control débil y confuso, las acciones “tradicionales” son inefectivas, en este momento se crea el espacio perfecto para la reorganización y la incorporación de nuevos modelos, es el momento donde los agentes tienen grandes chances de influir sobre los eventos que modelarán el perfil del siguiente “estado”. Esta etapa puede tener su equivalente desde el pensamiento en lo explicado por Khun como paradigma, sostiene que el escenario para un cambio de paradigma esta dado cuando las anomalías son descubiertas y documentadas. Luego de un período de turbulencia y extensivos cuestionamientos de los viejos supuestos, una nueva teoría emerge que puede explicar no solo las anomalías sino también los fenómenos que estaban explicados por la antigua teoría. Rasgos característicos en nuestras sociedades humanas: ruptura de las ortodoxias, aparición y crecimiento de contraculturas creativas, fragilidad e inestabilidad en el “Status Quo”, acumulación de paradojas.

Alfa: Reorganización estructural.

Representa el terreno ideal para la incorporación de la novedad y al mismo tiempo prepara el ambiente para una nueva etapa de crecimiento de los nuevos entrantes en las nuevas reglas de juego o en el cambio de juego. Rasgos característicos en nuestras sociedades humanas: cambio de las reglas de juego o del juego mismo, nuevos participantes, disponibilidad de recursos, nuevas oportunidades y espacios, nuevos mercados a conquistar.



UAIS

uaisustentabilidad@gmail.com

La dinámica explicada anteriormente es el comportamiento adaptativo que presentan muchos de los sistemas complejos naturales y humanos y son a nuestro entender las bases para el entendimiento de las transformaciones y el cambio. la criticalidad autoorganizada: una hipótesis desde las ciencias de la complejidad para el entendimiento del porqué de las crisis en sistemas complejos orientados a maximizar el crecimiento

En su fabulosa obra “Investigaciones”, Stuart Kauffman plantea en forma hipotética una serie de leyes candidatas para la construcción de cualquier Biosfera. Sorprendentemente encontramos que tres de esas cuatro leyes están basadas en el concepto de “criticalidad autoorganizada”, sin embargo para lo que será nuestro estudio relacionado con la resiliencia en sistemas complejos operando en la volatilidad (alejados del equilibrio). Sólo una de esas leyes “candidatas” nos parece bastante representativa de los principios generales que intentamos formular en relación con las fases de crecimiento, su umbral y posterior crisis, la ley candidata está planteada de la siguiente manera:

“segunda ley candidata: la formación de una comunidad alcanza un estado crítico autoorganizado.”

“A una escala temporal determinada en un proceso eco-evolutivo, una comunidad de agentes en proceso de construcción y crecimiento conjunto alcanzará un estado crítico autoorganizado en el que existirá un cierto máximo de especies. En las proximidades de ese máximo, se producirán avalanchas de eventos locales de extinción cuya distribución seguirá una ley potencial”

Luego Kauffman procede a explicar los fundamentos del porqué y el cómo de esta ley candidata. Así es que su enorme aporte será incorporado en nuestro estudio por lo que trataremos de ser lo más precisos posibles en la explicación y la transferencia de conocimiento.

Antes que nada realizaremos una pequeña introducción al concepto de la criticalidad autoorganizada a fin de aclarar el concepto antes de sumergirnos en la serie de ejemplos y explicaciones que expondremos.

El concepto fue acuñado hace un par de décadas atrás por Per Bak y sus colegas al estudiar sus modelos de “montones de arena”. Este estudio era algo así: si disponemos de una mesa y cierta cantidad de arena se puede hacer un sencillo experimento, tomando un puñado de arena en nuestra mano y dejándola caer desde lo alto hacia la mesa, poco a poco la arena se apilará manteniendo un ángulo de reposo durante un tiempo. Si continuamos añadiendo arena lentamente, se producirán avalanchas que se deslizarán por las laderas del montón. Si medimos los tamaños de las avalanchas, observaremos una distribución en forma de ley potencial, caracterizado por muchas avalanchas pequeñas y pocas de gran volumen. La adición repetida de arena sobre posiciones aleatorias de la superficie base va erigiendo un montón en el que los tamaños de las avalanchas alcanzan una distribución estable en forma de ley potencial, caracterizada por una relación lineal entre el logaritmo de la frecuencia de las avalanchas de un tamaño dado y el del tamaño de la avalancha correspondiente, a esta propiedad del sistema se la denomina “criticalidad autoorganizada”.

Pero... cuál es la relación entre estos eventos, el ciclo de renovación adaptativa y los períodos de crisis ?

Las relaciones son sutiles pero reveladoras y al mismo tiempo intrigantes, por el momento sólo existen hipótesis e investigaciones que en gran parte las avalan.

Una de ellas es la a investigación que Stuart Pimm y Mack Post realizaron cerca del final de la década del 70 y que publicaron en una reconocida obra donde se cuestionada el supuesto “balance” de la naturaleza. Pimm y Post estaban estudiando la dinámica subyacente en la formación de una comunidad de organismos para construir un ecosistema local. En esa época se ignoraban los conceptos de co-evolución a largo plazo y sólo se hacía uso de las ecuaciones Lotka-Volterra .

Fabricaron un montón de criaturas teóricas en computadora, controlada cada una por una ecuación Lotka-Volterra cuyos parámetros eran tomados al azar de cierta distribución. Luego eligieron aleatoriamente una especie tras otra y las introducían dentro del juego computadorizado, es decir, se añadían especies al ecosistema. Tras la formación de un pequeño grupo de especies analizaron su coexistencia procesando simultáneamente las ecuaciones de Lotka-Volterra de todas ellas y comprobando que todas las poblaciones se mantenían por encima de cero. Sorprendentemente la comunidad virtual era muy estable. Así es que Pimm y Post continuaron agregando especies al azar, para observar la dinámica emergente producida por la agregación. Al principio era fácil hacerlo pero cuantas mas especies había mas difícil era añadir una especie nueva, hasta que en un determinado punto no era posible agregar ninguna mas sin tener como resultado la estabilidad observada, el sistema comenzaba a hacerse inestable y frágil.

El gran misterio, según se cuenta, era porque se producía este fenómeno? No se debía a una falta de alimento o energía, además (y esto es lo mas significativo del experimento) a medida que se formaba la comunidad empezaron a observar que la adición de una especie mas en un ecosistema ya saturado podía hacer que una o mas de las anteriores especies se extinguiera localmente y encontraron evidencias de una distribución en forma de ley potencial para esos eventos de extinción. Aún no se sabe con certeza la causa del fenómeno, pero si se puede deducir que existe un límite critico para la agregación, que una vez superado comienzan a producirse estabilizaciones autoorganizadas en torno a una dinámica distribuida en forma potencial, con varios eventos de extinción de fondo y pocos de extinción masiva.

Según Holling (2002), la conectividad de un sistema altamente integrado se incrementa hasta un punto de “sobreconexión” o “hiperconectividad” donde el propio sistema se convierte en una estructura rígida autoconstruida debido a la enorme cantidad de ciclos realimentadores que terminan bloqueándose entre sí en una especie de “abrazo mortal”. En esa situación, el sistema se vuelve muy vulnerable debido a su incapacidad de respuesta lo que llevará indefectiblemente a un colapso seguido de una reorganización en caso de que el sistema posea los suficientes recursos claves (resiliencia). Así el potencial hiperconectado del sistema disminuye a umbrales críticos y los recursos residuales se reorganizan dejando oportunidades potenciales para la experimentación y la innovación.

Referencias

C. S.Holling es Ph.D en Ecología. Emeritus Eminent Scholar and Profesor en Ciencias Ecológicas en la Universidad de Florida. Su trabajo realizo importantes contribuciones para el comportamiento de los sistemas socioecológicos. Fue uno de los primeros ecologistas en reconocer la importancia de las dinámicas no lineales subyacentes en los sistemas complejos para las actividades antrópicas y ecológicas. En 1973 su paper “Resilience of Ecological Systems” tuvo un impacto profundo en la teoría ecológica y otras ciencias biológicas. Hizo importantes contribuciones para la idea del Management Adaptativo y el Ciclo Adaptativo. Fue el autor del reconocido libro “Panarchy”.

Lance Gunderson es B.Sc y M.Sc en Botánica y ecología, Ph.D en Ingeniería Ambiental. Trabajó como botánico en el Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos para la región del Sur de Florida. Fue investigador principal en el departamento de Zoología de la Universidad de Florida. Chairman en el departamento de estudios ambientales de la Universidad de Emory. Board Memeber del servicio de monitoreo e investigación de la actividad ecológica en el Grand Canyon en Arizona. Su rama de investigación la actualidad se centra en el estudio del comportamiento de los sistemas socioecológicos en el espacio y el tiempo y a través de diferentes escalas, concepto que ellos mismos denominan Panarquía.