

---

## Coevolución: un proceso central para la sustentabilidad.

---

**Ing. Arturo M. Calvente**

Ref.  
*Complejidad y sustentabilidad*  
UAIS-CS-200-005

Agosto 2007

---

### Abstract

La co-evolución es el proceso de cambio evolutivo y adaptativo recíproco que se da entre especies interactuantes incluso en diferentes escalas espaciales y temporales. Plantea que el problema central de la co-evolución es comprender como las interacciones entre las especies, desarrolladas por acciones recíprocas de diferente intensidad, dan forma al comportamiento, modelan el contexto y persisten en el espacio y el tiempo incluso si sufren un constante y normalmente rápido cambio evolutivo. Este proceso permite trasladar estos conceptos a la esfera socioecológica para comprender en detalle el impacto que tiene la integración y la interdependencia de las dimensiones esenciales del desarrollo sustentable.

---

### Introducción



Si bien el universo es incalculablemente antiguo bien se sabe que la Tierra tiene aproximadamente 4500 millones de años y por caprichos de las dinámicas de formación de fenómenos hace aproximadamente 3800 millones de años se produjo el milagro de la vida, lo imposible se hizo realidad: de la materia inanimada e inerte nacen los primeros atisbos de vida en el planeta Tierra, de ahí en adelante la expansión y la diversidad progresaron de una forma increíble. En comparación con esta historia de transformaciones, la historia del ser humano, representa

tan solo un instante ya que los primeros indicios de la existencia del hombre moderno, los del Homo Sapiens actual, aparecen en el registro fósil hace sólo unos 35.000 años.

En la introducción de uno de sus libros la reconocida bióloga Lynn Margulis hace referencia sobre el hecho de que en la mayor parte de la historia de la vida en nuestro planeta el paisaje viviente semejó a una desolada y remota playa en la que una mirada no pudiera descubrir ni

---

---

rastro de animales o plantas. Solamente algunas manchas de color en los lodazales, algún bulto uniforme sobre las playas o los pantanos darían algún indicio de los pocos llamativos habitantes que pululaban por aquellos mares ancestrales. Aunque diminutos, estos primeros seres vivos ya demostraban una gran complejidad y originalidad. A través de su constante co-evolución desarrollaron muchas de las innovaciones que actualmente asociamos a animales y plantas: la reproducción, la depredación, el movimiento, la defensa propia, la sexualidad, la respiración, incluso el máximo logro de la complejidad natural: la conciencia. Pero hay algo también muy significativo, estos primeros pasos de la vida alteraron para siempre la superficie y la atmósfera del planeta Tierra.

La co-evolución colectiva y propagativa estaba en marcha y fue imparable. Sobre este aspecto tan particular Stuart Kauffman del Santa Fe Institute sostiene que el crecimiento gradual de la diversidad de las estructuras, agentes y procesos en un sistema complejo, como lo es una Biosfera, es acumulativo y propagativo y una de las razones por la cual los sistemas son complejos. En general, parece ser que conforme surge una mayor diversidad de entidades sus modos de estar en condiciones de interacción e integración son cada vez más diversos y a la vez más sutiles. La mera existencia de conjuntos de entidades de diversidad y complejidad creciente proporciona a sus miembros un mayor número de formas y posibilidades de agruparse e integrarse unos con otros creando así mas diversidad y consecuentemente mayor complejidad en forma continua y sostenida, esta es la base fundamental desde donde se construye la co-evolución. Adicionalmente argumenta que los seres vivos, además de una organización autónoma, son agentes preparados para propagarse, es decir, son capaces de modificar su entorno, interactuar e integrarse con otros agentes y construir “algo más” de sí mismos: su propia Biosfera.

Luego de esta breve introducción iniciaremos nuestra exploración al tema de referencia partiendo de la base (por lo menos desde este programa) que el concepto de la coevolución es uno de los más importantes (y a la vez más complicados de entender) para comenzar a comprender las dinámicas subyacentes en la sustentabilidad.

En su reconocida y fundamental obra, Immanuel Kant, precisamente discutió la naturaleza de los organismos, donde ya se percibía cierta aproximación hacia la complejidad de los mismos. Kant argumentaba que los organismos vivos, en contraste con las máquinas, son agentes autorreproductores y autoorganizadores. En una máquina, según Kant, las partes existen unas para otras, en el sentido de apoyarse mutuamente en un todo funcional, mientras que en un organismo, las partes existen además por medio de las otras, en el sentido de producirse entre sí. Este sentido no solo de funcionalidad entre las partes sino también de reciprocidad evolutiva tal vez haya sido, desde la filosofía, una de las primeras aproximaciones al sentido sobre la importancia de la co-evolución que existe en los sistemas complejos donde intervienen particularmente sistemas vivos.

Uno de los aspectos más significativos a desarrollar es comenzar por reconocer la extrema importancia del desarrollo y la evolución dinámica de los vínculos y las interacciones entre diferentes agentes en un sistema complejo, especialmente en el largo plazo, es decir, el modo en que desarrollan sustentabilidad.

---

## Una primera definición

De esta manera, John Thompson sostiene que la co-evolución es el proceso de cambio evolutivo y adaptativo recíproco que se da entre especies interactuantes incluso en diferentes escalas espaciales y temporales. Plantea que el problema central de la co-evolución es comprender como las interacciones entre las especies, desarrolladas por acciones reciprocas de diferente intensidad, dan forma al comportamiento, modelan el contexto y persisten en el espacio y el tiempo incluso si sufren un constante y normalmente rápido cambio evolutivo.

Desde la visión que intentamos proponer en este programa nos basaremos, en gran medida, en los conceptos de la teoría co-evolutiva vigente y plantaremos a la co-evolución como parte fundamental del pensamiento complejo necesario para el desarrollo sustentable.

Un modelo de pensamiento que nos permita sumergirnos en las sutilezas acerca del mundo donde vivimos y por ende de la conciencia en las acciones y decisiones que tomamos a diario en nuestras vidas cotidianas, en nuestras sociedades, gobiernos y empresas. Veremos que el proceso co-evolutivo no discrimina y además es ubicuo ya que se da en todo aspecto de la vida en todo momento, incluso en las cosas más pequeñas e insignificantes (que planteamos como las “sutilezas del cambio”). Precisamente, la coevolución colectiva en un sistema complejo, esta relacionada a procesos multicausales, afectados por complejos bucles de realimentación que convulsionan la circulación de flujos, los cuales pueden ser acumulativos y progresivos, abruptos o una combinación de ambos.

Cómo es de esperar, la teoría del proceso co-evolutivo se desarrolló en la ecología evolutiva donde se dieron los primeros pasos para identificar la importancia fundamental de las influencias recíprocas durante las interacciones entre agentes incluso a través de diferentes escalas temporales y espaciales. A pesar de ello, llevo un buen tiempo pasar de la restringida visión de las especies adaptándose aisladamente a un determinado ambiente hacia a una visión co-evolucionaria donde las especies son inherentemente dependientes de las interacciones con otras especies para poder desarrollarse. Tal como cita el reconocido biofísico Harold Morowitz,

*“La continuidad de la vida constituye una propiedad de un sistema ecológico, más que de un organismo o una especie por sí solos.”*

El tradicional estudio de los organismos en ecología está siendo actualmente ampliado y complementado por estudios sobre un mayor número de especies en las cuales se observa un importante y sorprendente grado de integración, de diferentes intensidades, en diferentes escalas espaciales y temporales. Thompson (2005) relata, como ejemplo, que durante los últimos 20 años, el género bacterial Wolbachia y otros similares simbioses intracelulares pasaron de ser vistos como interesantes causantes de ciertas deficiencias reproductivas en ciertos insectos (algo particular, pero simple) a ser reconocidos como la mayor causa potencial de diferenciación en la historia de vida y estructura poblacional de una gran número de invertebrados (algo sorprendente y complejo).

Asimismo, sostiene que poco a poco comenzamos a comprender los profundos efectos de la co-evolución en las sociedades humanas. Tanto es así que extrapola los conceptos hacia la actividad

---

humana y plantea que historia de la humanidad es en su mayor parte una historia de co-evolución con parásitos, animales, insectos, plantas, tecnología, pensamientos, creencias, culturas etc, que modelaron el esparcimiento de nuestra especie y nuestras culturas en todo el mundo. La historia de la agricultura humana, no es tan solo una etapa del desarrollo económico aislado, sino que es en gran medida una historia de co-evolución entre el hombre, la tecnología, las semillas, el clima, la tierra, los parásitos, los minerales etc.

Lo más significativo de este concepto es que amplía enormemente el campo del pensamiento sistémico tradicional que hasta el momento no contemplaba este dominio de “integración ampliada”, cada vez más investigaciones afirman que la co-evolución “modela” al mundo y a todos los sistemas complejos. Para comprender este importante concepto debemos partir de la base fundamental e indiscutible de que nada puede existir aisladamente, así como tampoco nada puede evolucionar aisladamente, por ende las transformaciones y los cambios individuales, sociales, económicos, políticos y ecológicos tampoco son hechos aislados, sino que directa o indirectamente afectan nuestro esquema adaptativo y esto puede ser, dependiendo de las circunstancias sistémicas asociadas a nuestro ámbito de acción, beneficioso o perjudicial desde el punto de vista del sistema humano al cual pertenecemos.

Esta afirmaciones, es la fundación de la importancia crucial de comprender concientemente la importancia de la sustentabilidad:

- la significatividad de los vínculos, las interacciones y las consecuencias (especialmente en el largo plazo) entre los agentes de un sistema complejo
- de cómo estas interacciones dan cuenta de las transformaciones que se producen en ese sistema
- y de cómo emergen los estados o configuraciones en ese sistema complejo.

En un mundo complejo, el entendimiento de las influencias de las interacciones y su emergencia lo es todo, y es uno de los grandes desafíos que enfrenta el desarrollo sustentable como modelo de pensamiento para nuestra sociedad global en integración con su entorno.

### **Unas primeras aproximaciones**

Existe así, una increíble similitud organizacional y estructural entre la civilización global actual y la complejidad natural. En una interesante explicación de la dinámica co-evolutiva Thompson (2005) cita lo siguiente:

*“La co-evolución en el mundo ecológico real involucra múltiples poblaciones interconectadas, distribuidas a través de complejos ambientes sometidos a intensos eventos geofísicos. A medida que el medioambiente se transforma, también lo hace la distribución geográfica de especies, haciendo que diferentes tipos de poblaciones de especies coevolutivas entren en contacto cuando antes no lo tenían al mismo tiempo que hacen que otras poblaciones queden fuera del alcance de las interacciones donde antes tales existían. El resultado de las transformaciones coevolutivas continúan modelando las interacciones y el ambiente por años, décadas y centurias.”*

No le parecen familiares estos conceptos?, no es acaso lo que tanto se discute en los foros de

---

negocios, económicos, políticos y sociales cómo el “gran paradigma” salvo que con diferentes “actores” ó “agentes”?, no se asemeja increíblemente a lo que en nuestra jerga cotidiana conocemos como Globalización? Así se nos presenta la complejidad como un universo de desconocidas y sutiles interacciones que emergen y modelan, organizan, estructuran y dan forma a nuestro sistema humano y ecológico.

Creemos que la importancia más radical de las interacciones co-evolutivas entre agentes de un sistema complejo es que permiten el desarrollo de ciertas propiedades que son realmente fundamentales en el desarrollo de la diversidad, la innovación, el aprendizaje y la sustentabilidad de cualquier organización compleja. Estas características (si bien pueden ser mas) las hemos resumido en:

- **Reciprocidad.** Las interacciones son mutuamente influyentes entre los agentes (independientemente de la estrategia de interacción sobre la que se basa la relación), incluso a través diferentes escalas temporales y espaciales. Dentro del ámbito de las dinámicas entre el ser humano (sus organizaciones, tecnología, política, economía, etc) y su entorno, también observamos el proceso co-evolutivo. Gunderson (1995) hace referencia a la significatividad de la reciprocidad que existe entre todos los agentes de un sistema complejo y que durante mucho tiempo fue ignorada. Básicamente plantea que, las respuestas del ecosistema a la utilización de recursos por parte de la actividad humana, y por ende, la respuesta reciproca de los cambios en las actividades de los individuos en respuesta a los cambios en el ecosistema, precisamente constituyen dinámicas que exhiben un comportamiento claramente co-evolutivo.
- **Aprendizaje.** El mismo no sería posible si no existieran las interacciones y el “feedback” entre agentes, un agente completamente aislado no podría aprender nunca.
- **Desarrollo estratégico.** Las interacciones entre agentes permiten el desarrollo de ciertas estrategias comunes a las especies: simbiosis, sinergia, competencia, neutralismo, comensalismo, amensalismo, depredación, parasitismo, invasión etc. Estas estrategias son ampliamente utilizadas en nuestro accionar diario como seres humanos y son la base fundamental de la formación de una Biosfera.
- **Dinámicas en el espacio y el tiempo.** Las interacciones entre agentes también se desarrollan, aumentan, decrecen, desaparecen, vuelven a aparecer.
- **Multiescalares.** las interacciones observables se dan por lo general en una misma escala (en forma local), pero también existen interacciones con diferentes escalas que no son visibles o que no son fácilmente identificables.
- **Propagativas y expansivas.** El desarrollo co-evolutivo tiene como una característica definitoria la ampliación y propagación de las posibilidades de acción de los individuos, permitiéndoles construir y ser más de lo que son en forma aislada.

- 
- **Emergencia.** El rasgo más significativo de las interacciones es que promueven la aparición de fenómenos que no pueden ser observados en las partes interactuantes en forma aislada.

Como para redondear esta introducción al amplio tema de la co-evolución G. Peterson (2002) sostiene que una de las consecuencias de la pérdida de un agente clave del sistema impacta directamente en la transición entre los múltiples estados estables que podría presentar el sistema (esto es, su inteligencia), provocando la pérdida de una o varias de estas posibilidades de transición, haciendo al sistema menos flexible ante los cambios. La extinción de agentes que llevan adelante procesos esenciales puede causar una transición hacia un estado irreversible y no deseado.

Así la teoría coevolutiva se convierte en un bastión fundamental a la hora de hablar de desarrollo sustentable como esquema de pensamiento global para el mundo de hoy.

## Referencias

**John Thompson** es profesor del departamento de Ecología y Biología Evolucionaria en la Universidad de California y autor de varios libros relacionados con el proceso co-evolutivo publicados por University of Chicago Press. Hoy es una de las autoridades mas importantes en la materia de las nuevas ciencias de la biología co-evolutiva.

**Harold Morowitz** es Ph.D en Biofísica y se convirtió en Robinson Profesor de Biología y Filosofía Natural en la George Mason University luego de una extensa carrera como académico e investigador en la Yale University como profesor de Biofísica molecular y Bioquímica, sirviendo durante 5 años como Master en el Pierson Collage. Es autor de numerosos libros y ha escrito extensamente sobre la termodinámica en seres vivos, así como artículos de divulgación científica. También dirige el Krasnow Institute para estudios avanzados.