

Sostenibilidad ambiental y complejidad social: ¿Dos caras de la misma moneda?

En aquest article es parteix de la idea de l'anàlisi de la connectivitat global com a força que incrementa la complexitat mundial i, per això, les dificultats de predicció del futur social avui. També mostra com l'hegemonia mundial és un factor variable durant la història de la Humanitat i analitza algunes causes de l'auge i caiguda dels imperis. Com anàlisi paral·lel, s'observa la dinàmica dels ecosistemes comparant-la amb les dinàmiques culturals, els efectes de les activitats socials sobre els ecosistemes i la regulació planetària, i l'impacte humà sobre ella com un factor que fa més complexa la predicció social. Es dibuixa una hipòtesi de com convertir en complexitat social l'entropia generada pel model de desenvolupament actual i es descriuen alguns escenaris de futur proposats per alguns autors com Robert Costanza. I conclou amb el postulat que l'evolució cultural sempre estarà sotmesa a la selecció natural.

* * *

En este artículo se parte de la idea del análisis de la conectividad global como fuerza que incrementa la complejidad mundial y, por ello, las dificultades de predicción del futuro social hoy. También muestra cómo la hegemonía mundial es un factor variable durante la historia de la Humanidad y analiza algunas causas del auge y caída de los imperios. Como análisis paralelo, se observa la dinámica de los ecosistemas comparándola con las dinámicas culturales, los efectos de las actividades sociales sobre los ecosistemas y la regulación planetaria, y el impacto humano sobre ella como un factor que complejiza la predicción social. Se dibuja una hipótesis de cómo convertir en complejidad social la entropía generada por el modelo de desarrollo actual y se describen algunos escenarios de futuro propuestos por algunos autores como Robert Costanza. Y concluye con el postulado de que la evolución cultural siempre estará sometida a la selección natural.

* * *

In this article, the author begins by analysing global connectivity as a force that increases global complexity and, consequently, the difficulty of predicting the future of society. He also demonstrates that world hegemony has been a variable factor throughout the history of the human race and analyses the causes of the rise and fall of empires. In a parallel analysis, he compares the dynamics of ecosystems with that of cultures, discusses the effects of society's activities on ecosystems and planetary regulation, and identifies humanity's impact on the planet as a factor that makes predicting society's future all the more complex. He presents a hypothesis on how to transform the entropy generated by the current development model into social complexity and describes several future scenarios proposed by authors such as Robert Costanza. Finally, he concludes by suggesting that cultural evolution will always be subject to natural selection.

Sostenibilidad ambiental y complejidad social: ¿Dos caras de la misma moneda?

Josep Antequera

Colaborador de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la UPC

¿La evolución social implica un incremento de la complejidad?

El incremento de la complejidad social global es un hecho, generado por el incremento de la conectividad entre la humanidad, promovida en gran medida por el avance tecnológico. Si atendemos a la viabilidad de prever escenarios sociales de futuro, podemos decir que estamos en un período histórico en el que el incremento de la conectividad global incrementa el grado de incertidumbre en la previsión de acontecimientos futuros, ya que aumenta el grado de interacción entre las partes del sistema mundo.

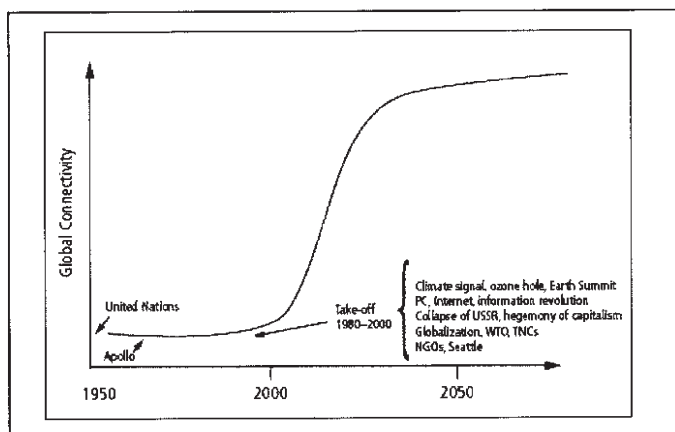


Fig 1. Incremento de la conectividad global en el mundo a partir del año 1950. (P. Raskin, T. Banuri, G. Gallopin, P. Gutman, A. Hammond, R. Kates, R. Swart. *A report of the Global Scenario Group. Great Transition*. Stockholm Environment Institute (SEI). 2002).

En el gráfico elaborado por el SEI, podemos ver que acontecimientos como el cambio climático, Internet, el colapso de la Unión Soviética y la hegemonía capitalista, la globalización y los movimientos asociados a ésta, tanto los promotores como los de resistencia, aceleran dicha conectividad global.

Incluso si queremos predecir las nuevas regiones económicas del mañana, tendremos dificultades. Alvin Toffler en su último libro, *La Revolución de la*

riqueza, nos muestra el caso de la región china de Guangdong, donde hace una década los búfalos tiraban de los arados por los arrozales y ahora se ha convertido, junto con Hong-Kong y Macao, en uno de los centros fabriles más poderosos del mundo, con hileras de fábricas que producen chips de ordenador, radios, juguetes y ropa. Se ha pasado en pocos años de una transición agraria a industrial que nadie hubiera sido capaz de predecir hace 10 años¹.

¿En este marco de incremento de complejidad global podemos estar seguros de que la curva expuesta en el gráfico de la figura 1 no generará en algún momento una declinación en su pendiente y ese incremento de complejidad puede caer bruscamente?

El peruano Alfonso Klauer² en su libro digital *Las leyes de la historia*, nos explica la evolución de los diversos imperios en el tiempo:

Gráfico N° 4

Secuencia histórica de los grandes centros de civilización

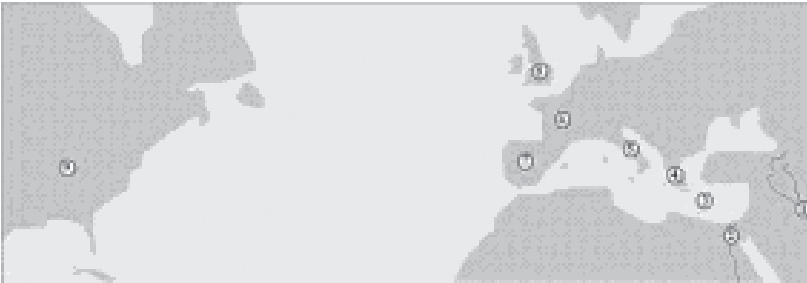


Fig. 2. Evolución de los imperios hegemónicos en la historia. (Klauer A.)

La hegemonía global ha ido variando a través de la historia, desde los primeros imperios ubicados en las riberas del Tigris y Éufrates, adentrándose después en las grandes naciones europeas y saltando la barrera oceánica con la hegemonía americana del último siglo. Analizando las causas del surgimiento de dichos centros de poder, el autor selecciona algunas variables clave:

De todos los factores, o de todas las variables en juego, las que parecen haber tenido mayor importancia en la explicación del fenómeno (hegemónico), en lo que va de la larga historia del hombre, habrían sido:

¹ A. y H. Toffler. *La Revolución de la riqueza*. Random House Mondadori S. A. Barcelona 2006. P. 115 – 116.

² A. Klauer. *¿Las leyes de la historia? 2005*. Edición electrónica a texto completo en www.eumed.net/libros/2005/ak11/

- a) La riqueza natural de que se dispuso;
- b) El dominio de tecnologías de punta;
- c) La magnitud demográfica;
- d) La ubicación geográfica y, muy probablemente;
- e) Favorables golpes climáticos.

Dichos imperios han sucumbido en el tiempo con ciclos y causas similares. Según el autor: ¿Cuáles pueden mostrarse como las variables más importantes que explican la declinación de las grandes olas de la historia pero también, y si se prefiere, el colapso de los imperios? Corresponde destacar por lo menos las siguientes:

- a) Las guerras y, en general, los conflictos internacionales;
- b) La mayor o menor vulnerabilidad frente a la naturaleza;
- c) El uso ineficiente de los recursos de que se dispone;
- d) La concentración de la riqueza, la violencia utilizada para obtenerla y las contradicciones que todo ello genera, tanto en el seno del pueblo hegemónico como en la relación entre el centro hegemónico y los pueblos conquistados.

Jared Diamond en su libro *Colapso* analiza también el auge y la caída de diversas civilizaciones y expone factores similares: El deterioro medioambiental, el cambio climático, los vecinos hostiles y los socios comerciales amistosos son factores que pueden ser o no, relevantes para el autor, pero según él, el quinto conjunto de factores –las respuestas de la sociedad a sus problemas medioambientales– siempre demuestra ser relevante.³

Joseph Tainter también ha tratado el tema del colapso en civilizaciones y plantea que las sociedades humanas y las organizaciones políticas, como los sistemas vivos, son sostenidos por un flujo de energía. Plantea que el flujo energético y la organización socio-política son lados opuestos de una misma ecuación, y en ella el flujo energético debe ser el suficiente para mantener su complejidad.⁴ Con lo cual, a mayor complejidad social mayor debe ser el flujo energético que la sustente. Esta relación poder-control energético también queda manifestado en el libro de Manuel de Landa cuando nos dice que «las burocracias tienden a ejercer una planificada extracción de los excedentes energéticos

³ J. Diamond. *Colapso*. Random House Mondadori Edcs. Barcelona 2006. P.33

⁴ J.A. Tainter, J. *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. P. 91

(tasas, tributos, rentas, trabajo forzado) y expanden en proporción su habilidad de controlar y procesar esos flujos energéticos».⁵

Una de las tesis de Tainter, para explicar la evolución de la complejidad de las sociedades, plantea que en aspectos cruciales de la sociedad, las continuas inversiones en la creación de complejidad socio-política alcanzan un punto donde los rendimientos de dichas inversiones empiezan a declinar, primero gradualmente y después de una manera acelerada (ver Fig. 3). Una sociedad hipotética que se enfrenta a un factor de estrés actuaría incrementando sus inversiones en agricultura y otros elementos de producción de recursos, en jerarquías internas, en procesamiento de información, en educación y en trabajos especializados, en defensa y demás. Esto generaría una dinámica de feed-back positivo en que a mayor estrés mayor sería la inversión necesaria. Pero a la vez la curva de coste-beneficio de dichas inversiones alcanzaría un punto en que los rendimientos de esas inversiones decrecerían, con lo cual llevarían a la sociedad al colapso.

Sostiene también que hay dos factores que se combinan para hacer que una sociedad se dirija al colapso:

Uno es que los factores de estrés y las perturbaciones se hallan siempre presentes en las sociedades complejas. Teniendo en cuenta el efecto de los rendimientos marginales decrecientes, si el factor persiste debilitará a la sociedad cada vez más, lo que la expondrá en mayor medida a los efectos del colapso.

Otro factor que incide es que si los rendimientos marginales decrecen, la solución de incrementar la complejidad se vuelve menos atractiva y surge como alternativa la idea de la descomposición como algo más atractivo para algunos elementos de la sociedad compleja. Muchas de las unidades que forman esa complejidad pueden ver más atractiva la idea de la independencia del sistema, ya que se supone que cuesta menos de mantener y por ello atentan contra la jerarquía que mantiene la unidad del sistema complejo, lo que agrava el factor de estrés original.

Con estos razonamientos, vemos que la relación con el entorno ambiental de los sistemas sociales y las respuestas de éste a los impactos sobre el mismo son factores claves en la sostenibilidad de la complejidad social en el tiempo. Hoy nos enfrentamos a uno de los problemas más graves de esta relación sociedad-entorno: el cambio climático.

⁵ Manuel de Landa. *A Thousand Years of Nonlinear History*. MIT Press. Cambridge, England 1997. P. 30

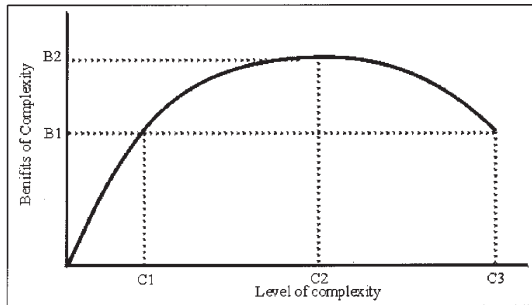


Fig. 3. Ciclo de evolución de la complejidad en una sociedad en la que, para mantener su grado de complejidad, los beneficios de la misma se reducen a través del tiempo por la reducción del retorno marginal en las inversiones que se realizan para mantenerla (Tainter, 1990).

El mantenimiento de los servicios naturales planetarios y los límites en la estabilidad de la regulación planetaria: las bases ecológicas de la resiliencia de los ecosistemas

El calentamiento global es uno de los problemas ambientales más importantes al que se enfrenta la sociedad hoy. Fernando Sapiña en su libro *¿Un futuro sostenible?* nos ilustra sobre el fenómeno de las emisiones de CO₂ a lo largo de la historia del planeta. «Al final del último período glacial se produjo un calentamiento global de origen natural. En aquella época, la temperatura media de la Tierra aumentó y, a la vez, hubo también un aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Estos cambios comenzaron hace unos **17.500 años y terminaron hace unos 10.500 años**. La concentración de dióxido de carbono pasó de 200 ppm. a 280 ppm. en este intervalo de tiempo (ver figura 4). En consecuencia, la cantidad de carbono en la atmósfera, en forma de dióxido de carbono, aumentó en 170.000 millones de toneladas de carbono, lo que nos da, para ese período de 7.000 años, una velocidad media de aumento de la cantidad de carbono en la atmósfera de 24 millones de toneladas de carbono al año. **Desde 1750 hasta 1998**, la cantidad de carbono en la atmósfera ha aumentado en 191.000 millones de toneladas y, en estos momentos, la velocidad de aumento de la cantidad de carbono en la atmósfera es de 2.300 millones de toneladas al año, es decir, casi cien veces mayor que la media de aumento al final del último período glacial... y la concentración de dióxido de carbono en el año 2004 ya alcanzaba las 377 ppm.»⁶ Esta concentración en el año 2005 se hallaba en 379 ppm.⁷

⁶ F. Sapiña. *¿Un futuro sostenible?*. Universitat de València. Valencia. 2006. P. 51.

⁷ Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for a policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. (ppm: partes por millón).

Afirma el autor que el CO_2 y el clima parecen estar íntimamente relacionados, el clima es el resultado del intercambio de calor y de materia entre la tierra firme, el océano, la atmósfera, los casquetes polares y el espacio, y en él influyen los cambios de los parámetros orbitales de la Tierra, la distribución de los continentes, que determina la circulación de las corrientes oceánicas, y los cambios en la concentración de los gases de efecto invernadero. O sea, un sistema complejo, el clima, con impactos intensos en un período de tiempo corto, cuyo estado puede cambiar en pocos años, como se supone que ocurrió en las épocas interglaciares anteriores.

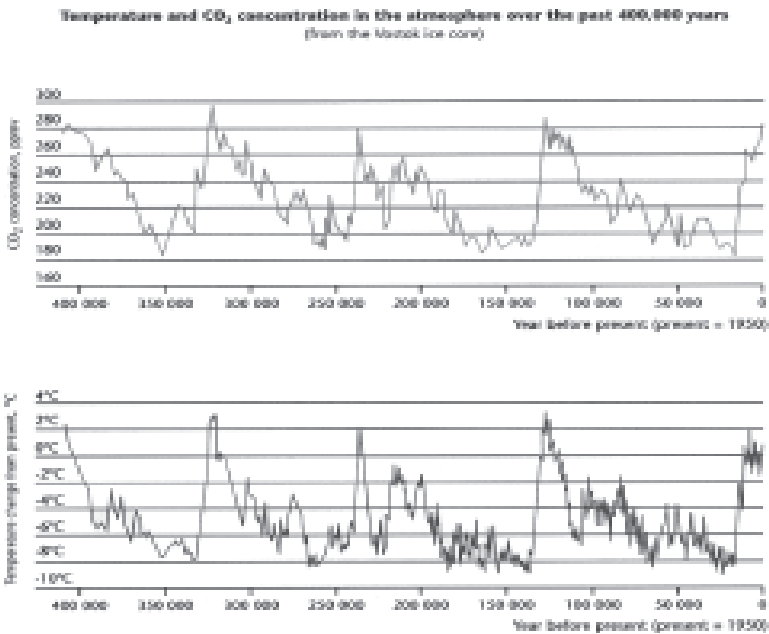


Fig. 4. Evolución de la concentración de CO_2 en la atmósfera y la temperatura del planeta en los últimos 400.000 años.

Todos estos cambios afectarán a los ciclos geobioquímicos que mantienen las condiciones planetarias estables. Los servicios que nos proporciona la naturaleza (alimentos, abrigo, aire, agua, reciclaje de residuos, etc.) tienen como base fundamental estos grandes ciclos, que según James Lovelock en su teoría de Gaia, son regulados por los sistemas vivientes que funciona como un sistema

cibernético auto-regulado.⁸

En este marco vivo de autorregulación, los nutrientes fluyen a través de las cadenas tróficas y se distribuyen de un ser a otro, en la relación productor-consumidor-organismos recicladores; estos últimos devuelven la materia al entorno que la vuelve a poner en circulación y retorna de nuevo al ciclo vital.

Margalef afirma que los circuitos biológicos de transporte de materiales siguen en los ecosistemas una dirección vertical, a través de los circuitos de los vegetales y propulsados por la energía solar; igualmente, discurren estos circuitos en los mares y aguas continentales, estableciéndose reservorios materiales sedimentados en los fondos acuáticos. La estabilidad en el tiempo de los ecosistemas maduros se basa, según el autor, en ese continuo de células simétricas de transporte vertical de materiales que supone el ecosistema.

El transporte vertical de nutrientes permite el ciclo global de elementos y la estabilidad del ecosistema en el tiempo. Conforme va evolucionando la sucesión ecológica en el ecosistema, se incrementan los reservorios (seres vivos y cadenas tróficas más extensas) para el transporte de la energía solar y se produce mayor biomasa con un consumo menor de energía. El transporte horizontal perturba dicho ciclo y aleja los elementos de su lugar de origen, generando un desgaste entrópico en el ecosistema y perturbando su equilibrio.

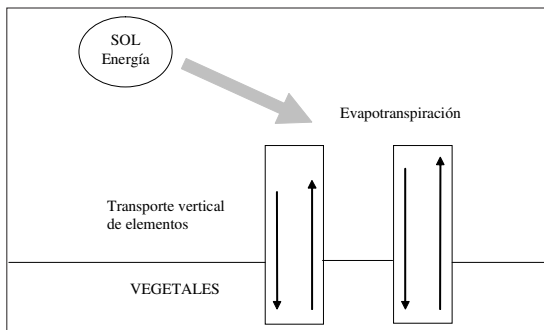


Fig. 5. Transporte vertical de nutrientes en un ecosistema terrestre.
Elaboración propia a partir de los principios expuestos por Ramón Margalef.

⁸ Según Lovelock, la hipótesis de Gaia dice que la temperatura, el estado de oxidación, la acidez y otros aspectos de las rocas y las aguas se mantienen constantes en cualquier época, y que esta homeostasis se obtiene por procesos cibernéticos llevados a cabo de manera automática e inconsciente por la biota: la energía solar sustenta estas condiciones favorables para la vida. La evidencia –sigue Lovelock– nos muestra que la corteza de la tierra, los océanos y el aire o son el producto directo de cosas vivas o han sido modificados de manera masiva por su existencia. Tengamos en cuenta que la creta o las rocas calcáreas son los caparzones de la vida que una vez flotaron en el mar. La vida no se ha adaptado a un mundo inerte determinado por la mano muerta de la física y la química. Vivimos en un mundo que ha sido edificado por nuestros antecesores, antiguos y modernos, y que es mantenido cuidadosamente por todos los seres vivos que existen en la actualidad. Lovelock J. *Las edades de Gaia, una biografía de nuestro planeta vivo*. Metatemas 29. Tusquets Barcelona 1993.

El transporte horizontal lo ejercen los animales, pero es mucho menor en volumen de biomasa que el que se realiza de forma vertical. «La explotación humana se hace sobre los sistemas menos maduros —o artificialmente simplificados (agricultura)— y exige un transporte horizontal. Recordemos que las urbes, con sus tentáculos de pulpo, exprimen extensas regiones rurales... La polución es un problema más de transporte. La ciudad absorbe todo tipo de recursos de un gran territorio, los usa a medias y deja los elementos concentrados en un punto, cerca del sitio donde se han usado, pero lejos del lugar de donde procedían».⁹

Podemos decir que la vida en general incrementa la velocidad de transporte de los átomos y moléculas químicas por el planeta. Dorion Sagan, en su libro *Biosfera*, resalta este aspecto de los sistemas vivos sosteniendo que «el efecto general del cambio biológico era y es el de incrementar el ritmo y extensión del movimiento atómico. Las nuevas especies tienen habilidades nuevas; desarrollan modos diferentes de nutrición y se desarrollan en nichos no explotados. Al hacerlo, amplían a nuevas longitudes la ya veloz circulación atmosférica (de los átomos). Nuestra civilización técnica introduce en la circulación y combina muchas sustancias —como compuestos farmacéuticos, metales (por ejemplo el platino de las armas y el cobre de las monedas), plásticos elásticos y otras materias sintéticas— raramente nunca utilizados antes por los organismos. La eliminación de basura, los aviones a propulsión y los humos industriales incrementan el ritmo de migración atómica en la superficie terrestre... Con el comercio mundial y las comunicaciones por ordenador, el flujo de átomos se intensifica. Con la aparición del Homo Sapiens, todos los elementos químicos participaron por primera vez en el proceso de la vida: la circulación de elementos, biológicamente asistida, en la superficie de nuestro planeta».¹⁰

El problema de la sostenibilidad en el tiempo, de la sociedad actual, es el de conocer cómo afecta la aceleración de dichos flujos a la estabilidad de los servicios ambientales de la biosfera.

La relación entre un sistema evolutivo cultural (sociedad) y un sistema evolutivo biológico (matriz ecológica planetaria)

Y ante estas dinámicas cambiantes del entorno, los sistemas vivos, incluido el ser humano, disponemos de un sistema genético que está regulado por cambios

⁹ R. Margalef. En *Natura, ús o abús. Llibre Blanc de la gestió de la natura als Països Catalans*. Institució Catalana d'Història Natural. Edit. Barcino. Barcelona 1976. P. 56.

¹⁰ D. Sagan. *Biosferas. Metamorfosis del Planeta tierra*. Alianza Editorial. Madrid 1995. P. 63

evolutivos muy lentos. «Los genes son como un manual de supervivencia de un entorno pasado, puesto que fue en el pasado cuando estos genes superaron la selección natural», le dice Richard Dawkins a Eduard Punset¹¹ en su libro de entrevistas científicas. Por ello Dawkins habla del «libro genético de los muertos», sosteniendo que disponemos de un manual interno de actuación que se diseñó para un entorno antiguo que estamos transformando rápidamente. Contamos con dos líneas separadas de evolución, afirma, y una de estas líneas avanza más deprisa que la otra, porque los cambios culturales son mucho más rápidos que los genéticos. Dawkins nos propone la siguiente cuestión: «Los cambios genéticos son tan lentos que no los notamos en absoluto. El animal que vivía en África en la edad de piedra no ha cambiado mucho, pero está creciendo bajo la influencia del conocimiento cultural. Por tanto, el libro de los muertos más reciente, el de la cultura está creciendo, está creciendo aunque no se si el conocimiento genético y el cultural entrarán en conflicto».

La diversidad genética no permite que las especies se amalgamen o se reúnan entre sí e intercambien información. Sólo interaccionan a través de un variado repertorio de relaciones ecológicas, pero no pueden fundirse físicamente en una sola unidad reproductiva. El cambio cultural humano, en contraposición, puede alimentarse del poderoso mecanismo de la mixtura y anastomosis de diferentes tradiciones culturales. El cambio cultural de los seres humanos se nutre del fructífero (o destructivo) impacto explosivo de la ósmosis entre tradiciones, un mecanismo desconocido en el parsimonioso mundo de la evolución darwiniana. Una simbiosis de conocimientos que, si dependiera de la genética, requería millones para años en surgir.¹²

Hay que decir que el cambio de nuestro entorno debido a dicha evolución cultural afecta también a los millones de especies que, por suerte o por desgracia, no disponen de un sistema cultural potente para desarrollarse o adaptarse.

Sostenibilidad versus complejidad social. ¿El desarrollo social requiere una mayor complejidad para hacerse sostenible en el tiempo y en el espacio?

Como hemos afirmado en este artículo, los seres humanos con el modelo socio-tecnológico actual, incrementamos el grado de desorganización de los ecosistemas, generando un incremento de entropía en ellos que usamos para generar un grado de complejidad y organización social. Por ejemplo, cuando

¹¹ E Punset. *Cara a cara con la vida, la mente y el Universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo*. Edcs. Destino. Barcelona 2006. P. 307 – 308.

¹² Jay Gould. S. *La Grandeza de la Vida*. Ed. Crítica. Grijalbo Mondadori. Barcelona 1997.P. 233-235

construimos una nueva urbanización en un paraje forestal, debemos talar árboles y cementar el bosque para construir las casas. Con ello, incrementamos el sistema social con viviendas nuevas, nuevos aparatos, estructuras de saneamiento y suministros, carreteras nuevas... Pero a la vez desorganizamos la estructura forestal, destruimos el sistema metabólico de los suelos, los sistemas naturales de fijación de nitrógeno, agua, CO₂, etc. Por ello, generamos un orden nuevo a partir de un desgaste entrópico del ecosistema anterior. Pero sabemos que ser sostenibles en el tiempo implica mantener el capital natural relativamente funcional, ya que él se encarga de mantener los servicios naturales que nos ofrece para mantener las condiciones para la vida estables.¹³ Por ello, la pregunta es:

Si nosotros creamos un orden social generando un nivel de entropía S , y queremos mantener ese orden social reduciendo ese grado de entropía generado, ¿no tendremos que absorber esa entropía generada, introducirla en nuestro sistema social y transformarla en complejidad social? También podemos decir que otra alternativa sería la simplificación del sistema o la crisis social, con lo cual podría verse afectado o no, el nivel de bienestar conseguido.¹⁴

De la **primera posibilidad** se deduce que en función de «a mayor entropía generada por el sistema social para mantenerse», «mayor será el incremento de complejidad (organización) necesaria en el sistema social para reducirla».

O sea:

Disponemos de un *Orden social 1* que genera una cantidad de entropía (ΔS)

$$Os1 \rightarrow \Delta S$$

Si queremos alcanzar un nuevo orden social más sostenible que reduzca ese grado de entropía:

Orden social 2 que sea equivalente al *Orden social 1* - Entropía S .

$$Os2 = Os1 - \Delta S$$

Deberemos asumir ese valor entrópico generado transformándolo en complejidad (DC) equivalente a la entropía que queremos reducir:

$$Os1 - \Delta S = Os1 + \Delta C$$

Por ello el nuevo nivel de *Complejidad X* estará en función de la Entropía X generada.

$$\Delta C = f(\Delta S)$$

¹³ J. Antequera (2005). *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*. Edición electrónica a texto completo en: www.eumed.net/libros/2005/ja-sost/

¹⁴ Aquí habría que discutir si un sistema de vida más simplificado incrementa o reduce el nivel de bienestar personal.

La **segunda alternativa** sería la de reducir complejidad en función de la entropía producida:

$$O_{s1} - \Delta S = O_{s1} - \Delta C$$

¿Podríamos sospechar de la existencia de una ley de conservación social de la entropía, teniendo en cuenta que a mayor cantidad de entropía generada externamente por el sistema, mayor será el grado de complejidad interna necesaria para reducirla?

Por ejemplo, si analizamos la transformación del modelo energético actual basado en la quema de combustibles fósiles: nosotros podemos reducir la entropía generada de dos maneras, por un lado cambiando las fuentes de energía por otras fuentes menos entropizantes (renovables y más reductoras de emisiones de CO₂) o reduciendo el consumo energético. Por ello, a mayor consumo energético de combustibles fósiles, mayor avance tecnológico (eficiencia energética) será necesario para reducir el consumo incrementando la eco-eficiencia, eliminar las emisiones de éste o sustituir dicho consumo por otro generado a partir de fuentes renovables. Esta necesidad de incrementar la complejidad técnica sería proporcional al consumo energético asumido (ΔS). La fórmula más simplificada nos llevaría al «racionamiento mínimo» del consumo energético, el cual, para ser consecuentes con el mantenimiento de la estabilidad planetaria, debería alcanzar el 50% del actual.

O imaginemos el volumen de personas y mercancías que se mueven en una región determinada usando el vehículo privado. Para poder transformar dicho modelo de movilidad en otro en el que dicho volumen de personas y mercancías puedan viajar de manera más sostenible, deberemos disponer de unos servicios de transporte sostenible capaces de absorber esos nuevos aportes de movilidad o deberemos reducir la necesidad de movilidad de la gente, con lo que estaremos planteando otro modelo laboral basado en la cercanía de la contratación o en el tele-trabajo. O la fórmula más simplificada nos llevaría a consumir lo que producimos reduciendo la necesidad de transporte de alimentos con lo que disminuiría la variedad de alimentos ofertados.

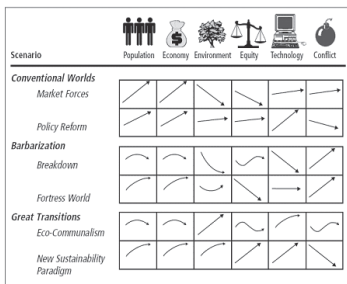
Por ello podemos decir que las sociedades que mayor impacto ambiental generan serán las que mayores dificultades tendrán en transformarse en sostenibles ya que requerirán absorber internamente una mayor cantidad de entropía generada. Podemos medir la generación de entropía de una sociedad mediante

aproximaciones como la huella ecológica¹⁵ o la contabilidad de materiales y energía que nutren el sistema pero, ¿cómo podemos medir la complejidad social recíproca necesaria para reducir dicha huella?

Y otra incógnita posible es, que si para reducir la entropía generada debemos conseguir un incremento de la complejidad, la cual requerirá mayor energía para sostenerse, nos introducimos en un círculo contradictorio, ya que se supone que en los sistemas sociales se consigue un incremento de complejidad incrementando el consumo energético. ¿Podemos incrementar la complejidad y reducir el flujo energético a la vez, sin que para ello debamos simplificar la estructura social? O tal vez ¿deberemos buscar fuentes energéticas con menos impacto asociado? ¿Estas fuentes serán lo suficientemente potentes para mantener el actual modelo de vida? ¿O nos veremos obligados a la simplificación del sistema?

Apuntes sobre algunos intentos de crear escenarios de futuro global

Se han realizado algunos intentos sobre la creación de escenarios de futuros globales, uno de los cuales es el de Raskin, Banuri, Gallopin y otros,¹⁶ en el que se analiza la evolución de la sociedad siguiendo la tendencia de macrovariables sociales, como la población, la economía, el entorno, la equidad, la evolución tecnológica y los conflictos, y se plantean diversos escenarios en función de las tendencias de dichas variables. En este caso se plantean 6 escenarios estructurados en tres grupos: un escenario parecido al del mundo actual, otro que tiende hacia la *barbarization* y otro que plantea una transición ecológica (Figura 6).



Source: Gallopin et al. (1997)

Fig. 6. Evolución de las variables principales en tres tipos de escenarios de futuro planteados por el Stockholm Environment Institute.

¹⁵ La huella ecológica se define como la cantidad de territorio apropiada por las comunidades humanas (ciudades, regiones, estados) para mantener su grado de desarrollo y la satisfacción de sus necesidades de producción de bienes y servicios, así como la absorción de sus residuos. Wackernagel M. & Rees W. *Our Ecological Footprint, Reducing Human Impact on the Earth*. New society Publishers, Gabriola Islands BC, Bioregional Series. 1996

¹⁶ P. Raskin, T. Banuri, G. Gallopin, P. Gutman, A. Hammond, R. Kates, R. Swart. *A report of the Global Scenario Group. Great Transition*. Stockholm Environment Institute (SEI). 2002.

El primer grupo de escenarios (*Conventional Worlds*) plantea un futuro con una cierta continuidad con el actual, en el que las fuerzas dominantes son las del mercado en el primero y en el segundo la acompañan las reformas políticas dirigidas a mejorar las condiciones de vida de la población, lo que reduce, en la segunda, los conflictos y mejora la calidad ambiental.

En el segundo grupo (*Barbarization*) los grandes problemas no se gestionan y se retroalimentan positivamente las crisis sociales y ambientales, la civilización se ve abocada a la anarquía y a la tiranía. En el segundo modelo, una elite global mantiene el control del sistema mediante un gobierno autoritario, lo que permite cambiar las tendencias de algunas de las variables del primer modelo.

En el tercer grupo (*Great Transition*) se plantea una transición hacia la sostenibilidad, planteando en el primer tipo un modelo de organización social más comunal, localista y bio-regionalista, difícil de conseguir a partir del modelo social actual y que supone que dicha transición no estaría exenta de conflictos; en el segundo tipo se aplica el paradigma de la sostenibilidad, en el que el modelo globalizado actual tiende hacia la solidaridad global, la interacción cultural y la transición ecológica, un salto evolutivo menos traumático.

Otro trabajo interesante sobre escenarios futuros lo realizó el equipo de Robert Costanza,¹⁷ en el que se plantean cuatro mundos posibles en función de las expectativas sociales ante la esperanza tecnológica y el optimismo social. El autor sostiene la tesis de que para incidir en la transformación social hace falta plantearse visiones de futuro que ayuden a la gente a dibujar esos nuevos tiempos y a detectar los procesos y cambios necesarios para conseguirlos. Y reclama que los políticos se preocupen más por conducir a la humanidad a dichos futuros mejorables que a impulsar políticas dirigidas al corto plazo y a favorecer intereses particulares más que a intereses de la humanidad como totalidad.

Real State of the World			
	Optimists Right	Skeptics Right	
World View	Technological Optimist	Star Trek	Mad Max
	Technological Skeptic	Big Government	Ecotopia

Fig. 7. Escenarios de futuro planteados por Robert Costanza.

¹⁷ Costanza, R. 2000. *Visions of Alternative (Unpredictable) Futures and their Use in Policy Analysis*. Conservation Ecology 4(1): 5. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol4/iss1/art5/>

En dichos escenarios se describen cuatro mundos futuros posibles, atendiendo a los logros tecnológicos que posibilitan el insumo energético que requiere la humanidad para mantenerse

El primero lo denomina Star Trek, basado en el optimismo generalizado y en el que la fuente energética descubierta es la de la energía de fusión caliente que resuelve el problema del cambio climático pero se enfrenta al problema de los recursos, el cual lo resuelve la humanidad mediante la colonización del espacio, las bases lunares y los materiales conseguidos de dichos cuerpos extraterrestres. La humanidad se estabiliza en el planeta Tierra, pero crece en el espacio exterior, fundando colonias planetarias a través de la aplicación de los avances tecnológicos a la navegación espacial. Y la biodiversidad terrestre se mantiene en ese escenario de población y consumo estabilizado.

El segundo escenario lo denomina Mad Max, en el que el mundo se sume en una crisis energética generalizada a partir del encarecimiento de los combustibles fósiles y su escasez creciente. Los conflictos sociales se multiplican y el mundo es manejado por corporaciones multinacionales que disponen de ejércitos privados para mantener un cuerpo laboral de elite que puede vivir cómodamente en urbanizaciones fortificadas, mientras el resto de la humanidad es pasto de hambrunas, epidemias, desastres ambientales y guerras; y el capital social (sanidad, educación, gobernabilidad, etc.) y la gestión pública de la sociedad se van debilitando cada vez más. La población se va reduciendo a partir de dichos conflictos a medida que la miseria global se expande.

El tercer escenario, el del Gran Gobierno, parte de un incremento de la intervención institucional sobre las corporaciones. Se grava el consumo de energía procedente de combustibles fósiles y se da paso a la inversión en energías renovables. Las fuentes nucleares se desarrollan de manera lenta y segura, debido a diversos accidentes nucleares que ha sufrido la humanidad. El cambio climático genera catástrofes importantes y se consigue estabilizar a la población entorno a los 8 millones de personas mediante políticas de educación familiar y la riqueza se redistribuye de manera más equitativa. La quinta parte más rica de la población recibe el 30% de los ingresos y los más pobres el 10%, la copa distributiva del siglo XX se transforma en un vaso más equitativo en este escenario, y a la vez la presión sobre las especies se reduce y se consigue frenar su extinción.

El cuarto escenario, Ecotopia, es el que plantea la transición hacia un modelo de vida más sostenible. Los países desarrollados asumen la reforma ecológica, siguiendo los criterios de Herman Daly, gravando las actividades más despilfarradoras de recursos y potenciando la eco-eficiencia y la sostenibilidad.

Se promueven los debates globales por Internet y se consiguen encauzar las dinámicas de las multinacionales y someterlas a los poderes públicos, todo ello favorecido mediante un proceso de concienciación social promovido por personajes famosos que multiplican las películas y reportajes que promueven dichos valores con el eslogan: sostenibilidad, equidad y eficiencia. Esto hace que el modo sostenible de vida se ponga de moda y se tache el consumismo como una obsolescencia del pasado. Se reducen los modos de ocio consumistas y los grandes viajes, y se reduce la jornada laboral a unas 20 horas semanales de media, incrementando el intercambio de servicios sin mediación monetaria entre la población, lo que economiza el modo de vida. Las personas viven en comunidades pequeñas en las que disponen de todos los servicios y se comunican globalmente por Internet, los modos insostenibles de movilidad casi se eliminan y la movilidad obligada se realiza a pie mayoritariamente por la proximidad de los servicios. Y la riqueza social se mide más por índices de calidad de vida que por el Producto Interior Bruto que queda como medida de la eficiencia nacional. Costanza ha sometido a valoración pública estos escenarios y el que mayor apoyo social recibe es el de Ecotopía.

Otro modelo de escenarios menos optimistas han sido los que han barajado los participantes del Foro de Davos de enero del 2007,¹⁸ en el que se plantean tres escenarios catastróficos para el futuro de la humanidad, uno de ellos basado en la Pandemia global generada por un virus extendido mundialmente en China que afecta gravemente a la población y provoca cambios geopolíticos importantes y la militarización de algunos estados. El segundo escenario es el del Shock Petrolero a partir del 2008, en el que se reduce la oferta de crudo debido a ataques terroristas y la escasez de reservas, y se incrementa su precio a 150 dólares el barril, todo ello genera una recesión global, y particularmente una caída en la economía de China y Estados Unidos, lo que reduce la posibilidad de acuerdos mundiales para combatir el cambio climático. Y el tercer escenario planteado es el del propio Cambio Climático, en el que las catástrofes generadas por este efecto redundan en el rendimiento de los cultivos y provocan protestas sociales en muchos países, lo que obliga a los gobiernos de los estados a reaccionar, provocando una subida del gasto público y los déficits fiscales, pero a la vez la bajada del mercado de valores y el inmobiliario provoca un incremento del ahorro privado que facilita la corrección de las desigualdades.

El carácter antrópico del cambio climático ha sido ratificado el 2 de febrero de 2007 por el Informe del IPCC¹⁹ presentado en París, en el que Naciones Unidas

¹⁸ Diario *El País*, 23 de noviembre de 2007. P. 8.

¹⁹ Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for a Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

asume que el efecto está provocado por las acciones humanas sobre la atmósfera y se pronostican cambios globales importantes, producto del incremento de la temperatura mundial entre 1,8 y 4 grados en los próximos cien años, y la subida del nivel del mar, la reducción de las lluvias en las zonas centrales del planeta y el incremento de las precipitaciones torrenciales en el hemisferio Norte y el deshielo de las masas polares, especialmente en el Ártico. Todo ello generará importantes transformaciones en los ecosistemas, incrementando la aridez de muchas zonas del planeta, efectos sobre el rendimiento de las cosechas y por ello en la economía de muchas poblaciones, que por un motivo u otro se verán obligadas a emigrar de dichas zonas. Lo que hará que el panorama geopolítico global se transforme considerablemente.

Antes estas evidencias ya demostradas y asumidas globalmente, ¿qué es lo que nos impide evolucionar hacia modelos sociales más sostenibles?

¿Qué se requiere del ser humano para implementar una evolución cultural sostenible?

Podríamos decir que, ante tantas evidencias, la sostenibilidad ambiental se configura como una fuerza emergente que nos plantea valores sociales con cierto criterio de objetividad planetaria, que van más allá de las consideraciones sobre los derechos de las personas y que se basan mayoritariamente en la voluntad de promover la supervivencia de la humanidad como especie en el planeta. Si decimos que todas las actividades humanas que provocan emisiones favorecedoras del calentamiento global hay que revisarlas, ¿se nos puede tachar de eco-fundamentalistas, después de las evidencias del informe anterior?

¿Nos plantea la sostenibilidad ambiental un código moral nuevo que vamos a tener que asumir inevitablemente, si no queremos ir hacia un escenario de futuro del tipo Mad Max, antes mencionado? ¿O van a triunfar intereses minoritarios que verdaderamente promuevan la evolución hacia dicho escenario y quieran transformar el mundo en un gran Irak, con minorías de elite y sus esbirros intelectuales, asentadas en sus feudos militarizados, manejando los hilos de los conflictos y que sostengan que la reducción de la población humana y ecológica es beneficiosa para la sostenibilidad global? ¿Reaccionaremos a tiempo ante la evidencia predicha pero no plenamente manifiesta? ¿Puede ser el inicio del escenario del Gran Gobierno unas Naciones Unidas ambientales como están promoviendo algunos líderes políticos después de la presentación del Informe del IPCC? Y si es así ¿cómo vamos a digerir la entropía que sostiene el nivel de vida de los países desarrollados si pretendemos reducirla? ¿Con Ecotopía o con fusión caliente?

La evolución cultural es la clave de dichas preguntas. Si asumimos que la cultura es una manera de adaptarnos al entorno,²⁰ en el escenario actual en el que el entorno clama al cielo que reduzcamos nuestras emisiones, debemos desarrollar un nuevo modelo cultural que nos permita adaptarnos al nuevo panorama: o sea, la cultura de la sostenibilidad, una necesaria revolución cultural del siglo XXI.

Todas las actividades humanas deberán adaptarse al nuevo escenario. Desde las urbes y los cubículos humanos, hasta los transportes, los desplazamientos, los modos de producción y la tecnología, los hábitos de vida y de consumo. La otra alternativa es mucho más incierta.

Actualmente estamos forzando el acoplamiento de las estructuras de dos grandes sistemas globales: el natural y el social. El primero de ellos, como vimos, se mueve a través del transporte vertical de materiales, mantiene un cierto equilibrio planetario apto para la vida y se rige por mecanismos de adaptación genética asociados a procesos de selección natural; el segundo sistema se nutre de entropía ambiental adquirida de los ecosistemas y del transporte horizontal de materiales facilitado por la disponibilidad de combustibles fósiles, genera el cambio climático, genera un nivel de desigualdad social acentuado y se rige por mecanismos de evolución cultural. Y es en ese último punto donde debemos dirigir todos nuestros esfuerzos, ya que el modelo cultural define el modelo de relación con el entorno.

Pero como nos advierte Luigi Luca Cavalli, «hay que seguir las reglas culturales con atención, porque de otra manera la selección natural sigue su curso y corrige los errores con maneras que pueden ser brutales, tanto si se trata de errores culturales como genéticos... En conclusión: la evolución cultural puede hacer lo que le parezca, pero siempre será bajo el control de la selección natural. Ésta última siempre corrige los errores, lo que ofrece una garantía ante la posibilidad de que éstos sean demasiado graves; de todas maneras, también puede afectar a muchos inocentes».²¹

²⁰ Ángel Maya A. *La Diosa Némesis. Desarrollo sostenible o cambio cultural*. Vol. 2. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. Cali-Colombia.2003.

²¹ L.L. Cavalli Sforza. *La evolución de la cultura*. Edt. Anagrama. Barcelona 2007. P. 148.