

Estrategias Sistémicas para una Transición Complicada

Marga Mediavilla

Este post resume mi ponencia del 11 de julio de 2025 en el Curso de Verano de la Universidad de Cádiz

Remedios para un Planeta en Crisis. La charla se titulaba Estrategias para otro modelo energético posible para otros mundos posibles y venía después de las de Antonio Turiel, Alicia Valero, Ferran Puig, Antonio Aretxabala y José Luis Yeltes que habían definido ya claramente los problemas de límites energéticos, materiales y ecosistémicos. El objetivo de esta ponencia era buscar soluciones y utilicé para ello las herramientas de la dinámica de sistemas.



Foto de [Maximilian Jaenicke](#) en [Unsplash](#)

Dinámica de Sistemas

La dinámica de sistemas es una fantástica herramienta que, en mi opinión, debería estudiarse en todas las universidades, porque nuestra cultura tiene un enorme déficit de pensamiento sistémico. La sociedad se ha vuelto muy compleja, pero nuestras mentes siguen trabajando con razonamientos simples y lineales: A implica B, no-A implica no-B. Esta es la forma de pensar de la lógica, que nace con la cultura griega y es la base de la matemática, pero se nos ha quedado pequeña para enfrentarnos a un mundo cada vez más complejo.

Igual que en la Figura 1, los debates políticos y académicos están llenos de personas intentando demostrar que A es la causa de B, mientras otras intentan rebatir diciendo que eso es mentira porque la causa de B es C, pero, en realidad, B está causado por A y también por C: las primeras personas tienen razón y las segundas también. Y, frecuentemente, hay muchas más causas y efectos involucradas y éstas suelen imbricarse creando lazos cerrados en los cuales, una variable

termina siendo causa y efecto de sí misma. Esto crea círculos viciosos o virtuosos, “pescadillas que se muerden la cola” que llamamos lazos de realimentación. Las realimentaciones crean estructuras difíciles de cambiar si no se abordan sistémicamente.

Esta complejidad del mundo frente a la simplicidad de nuestro pensamiento hace que la mayor parte de los debates políticos y muchos de los intelectuales sean estériles. Los debates se convierten en luchas entre personas que quieren demostrar “su” relación causa-efecto, pero son incapaces de solucionar los problemas.

Hay dos estructuras de realimentación básicas: los lazos reforzantes y los estabilizantes. Los lazos reforzantes surgen cuando todas las relaciones causa-efecto son directas: el incremento de una variable causa el aumento de otra (y viceversa, la disminución de una variable disminuye la otra). Los estabilizantes surgen cuando existe una relación inversa en el lazo (el aumento de una variable causa la disminución de otra). Hay que tener en cuenta que dos relaciones inversas en un mismo lazo se cancelan y se convierten en una relación directa.

Por ejemplo: cuanto más llueve más crecen los árboles, pero cuantos más árboles hay más llueve. Esto crea un lazo reforzante que hace que el bosque crezca más y más con un crecimiento que se acelera hasta que se alcancen los límites del territorio (Figura 3). Sin embargo, estas mismas relaciones directas pueden crear el comportamiento contrario: si empieza a haber menos lluvias habrá menos árboles y menos lluvias y menos arboles... hasta que el bosque quede convertido en un desierto. El lazo reforzante puede ser tanto de crecimiento como de caída (por eso es erróneo llamar a los lazos reforzantes lazos de crecimiento, o lazos positivos, como se hace frecuentemente).

Cuando hay una relación inversa en el lazo de realimentación (o un número impar de ellas) se crea un comportamiento estabilizante: los aumentos de una variable terminan causando una disminución de esa misma variable (Figura 4). Estas realimentaciones son las que buscan los ingenieros de control, por ejemplo,

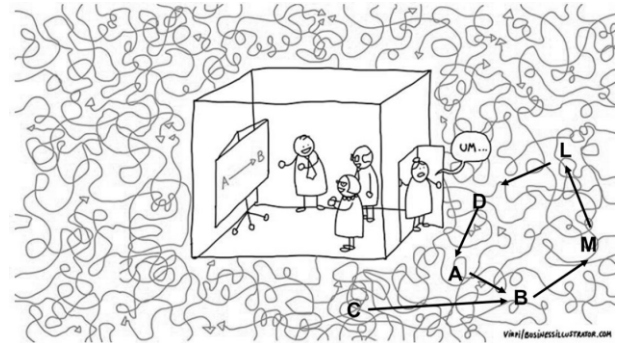


Figura 1: reduccionismo académico frente a la abigarrada realidad

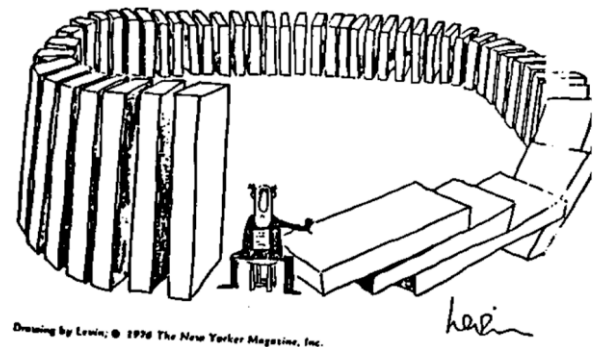


Figura 2: La realidad está llena de realimentaciones... y no suele ser buena idea ignorar la realimentación.

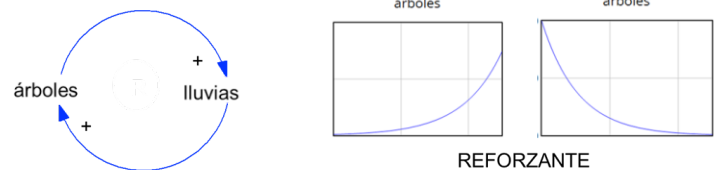


Figura 3: lazo reforzante. Las relaciones se representan con flechas, el signo + indica una relación directa y el - una relación inversa entre dos variables.

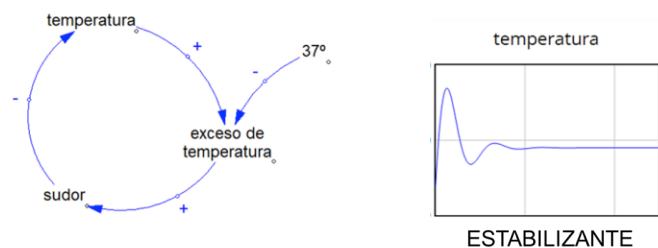


Figura 4: lazo estabilizante. Las relaciones se representan con flechas, el signo + indica una relación directa y el - una relación inversa entre dos variables.

para regular la temperatura de una habitación con un termostato. Además, éste es un comportamiento tremendamente habitual en la naturaleza, de hecho, es una de las características de la vida. Nuestros cuerpos utilizan constantemente lazos de estabilizantes para mantener estables la temperatura corporal, la tensión, el PH de la sangre, etc.

La vida está hecha de estos dos mecanismos que se combinan dinámicamente como el yin y el yang: regulación y crecimiento, estabilidad y empuje, destrucción y mantenimiento. Un exceso de crecimiento lleva a comportamientos explosivos e incontrolables, pero demasiada estabilidad estanca los sistemas; el crecimiento reforzante permite superar las adversidades, pero también puede ser la causa de un declive prolongado que ata a la decadencia.

¿Qué es la transición energética?

Para diseñar estrategias de transición energética, lo primero que deberíamos preguntarnos es cuál es el objetivo de la transición, el ideal al que aspirar. La tierra es un sistema cerrado materialmente y abierto energéticamente. No recibimos minerales del espacio exterior pero sí un flujo constante de energía procedente del Sol que es lo que alimenta la fotosíntesis y todos los ciclos metabólicos del planeta.

En estos momentos, la humanidad está basando su tecnología en los combustibles fósiles (que no son más que energía solar acumulada hace milenios) y el uranio. Sabemos que ambos que se nos van a agotar mucho antes de lo que quisiéramos y deberíamos preguntarnos cómo sería una sociedad sin estas energías no renovables.

Un modelo energético sostenible a largo plazo debería tener estas cuatro características:

- ➔ Basarse al 100% en energías renovables, es decir, no depender de fuentes energéticas agotables como los combustibles fósiles o el uranio.
- ➔ Reciclar todos los minerales a tasas cercanas al 100%.
- ➔ Utilizar los recursos renovables de la biosfera a ritmos compatibles con las tasas de regeneración y reciclado de los ecosistemas.
- ➔ Tener una Tasa de Retorno Energético (TRE) aceptable.

La Tasa de Retorno Energético es el cociente entre la energía que se obtiene de una fuente y la empleada en construir y mantenerla. Una TRE menor que uno significa que nuestra fuente de energía ha dejado de serlo y es, en realidad, un sumidero. Es deseable que las fuentes energéticas tengan TRE alta, aunque este indicador es muy difícil de medir y existen diversas metodologías para hacerlo que no son comparables y dan números muy diferentes. Sin embargo, es obvio que fuentes energéticas con baja TRE dan como resultado sociedades sacrificadas donde los rendimientos del trabajo son escasos.

Sabemos que las sociedades preindustriales eran sostenibles, o se acercaban mucho a ello. También sabemos que la sociedad industrial y globalizada actual está enormemente lejos de cumplir estos requisitos ¿Es posible mantener una sociedad industrial que cumpla estos principios? Algunos tiran la toalla directamente y afirman que la sostenibilidad sólo es posible en sociedades sencillas de base agraria, pero yo, sinceramente, no lo sé y dudo que nadie lo sepa. Me temo que sólo lo sabremos cuando lo experimentemos en nuestras propias carnes.

Además, a mí no me importa tanto el destino final como el camino, porque el comportamiento transitorio suele ser más importante que el destino final. Dependiendo de lo que hagamos en la transición, podemos hacer posibles o imposibles muchos futuros.

Por ello, me gustaría bucear un poco en el tema de las dinámicas de la transición energética y ecológica e invitar al debate acerca de estos procesos. Hay dinámicas que nos atrapan y hacen que, aunque conozcamos los problemas y las soluciones desde hace décadas, nunca los arreglemos. También me gustaría hablar de dinámicas perniciosas que se pueden desatar durante la transición y de mecanismos psicológicos que pueden empeorar las cosas.

Todo ello lo resumiría en las siguientes ideas:

- ➔ El problema técnico: la transición es mucho más que energías renovables.
- ➔ El problema económico: ¡economistas por favor, inventen algo!!
- ➔ La dinámica del colapso.
- ➔ Las realimentaciones del miedo, la escasez, la culpa y las reglas de la cosecha honorable.
- ➔ Hacer vs. no hacer.

La transición es mucho más que energías renovables

La idea de que la transición energética es mucho más que cambiar el uso de energía fósil por energías renovables es una conclusión recurrente de todos los trabajos que hemos hecho en el GEEDS-UVa.

En los primeros estudios con el modelo WoLiM¹ ya surgía muy claramente esta conclusión. Las energías renovables más abundantes (la solar y la eólica) sólo generan electricidad. Ésta es una energía fácil de transportar, pero muy difícil de acumular. La hidráulica es mucho más estable y acumulable, pero está muy limitada, mientras que las energías sacadas de cultivos y bosques (biomasa y biocombustibles) las llamamos renovables, pero sólo lo son a ritmos de extracción muy modestos limitados por la disponibilidad de tierras fértiles.

Estamos acostumbrados a fuentes de energía acumulables, muy versátiles y potentes que nos permiten configurar la sociedad y la industrial actual. El petróleo, especialmente, es un fantástico almacén de energía que nos da combustibles como gasolinas y gasóleos con 76 veces más capacidad de acumular energía por kilo de peso que las baterías actuales.

Por ello, antes de dedicarnos a poner paneles solares y molinos eólicos como locos deberíamos preguntarnos si somos capaces de electrificar los usos energéticos que dependen de combustibles como el gas natural y el gasóleo. Hay sectores muy difíciles de electrificar, como el transporte o la agricultura. Además, aunque seamos capaces de electrificar, tenemos que enfrentarnos al problema de la intermitencia de las renovables, que hace muy difícil gestionar las redes eléctricas.

También tenemos el problema de los minerales, ya que las renovables y la electrificación requieren sistemas más complejos técnicamente, con minerales raros que no estamos reciclando. ¿Y si para cuando empecemos a darnos cuenta de que tenemos que reciclar los minerales ya hemos gastado las reservas?

No es tampoco despreciable la ocupación de territorio de las renovables, mayor que la de las fósiles. Esto es especialmente grave para el caso de los biocombustibles y la biomasa, pero no es despreciable para la solar y la eólica. Tampoco debemos olvidar cosas como el asfalto de las carreteras, de la industria química, los plásticos, los fertilizantes sintéticos, etc. El problema es de gran calado. El cambio tecnológico debe tocar todos los sectores económicos. La

¹Capellán-Pérez, I., M. Mediavilla, C. de Castro, Ó. Carpintero, and L. J. de Miguel. 2014. "Fossil Fuel Depletion and Socio-Economic Scenarios: An Integrated Approach." *Energy* 77: 641–66. doi:10.1016/j.energy.2014.09.063 . Resumen en español en: <https://geeds.es/2216-2/>

energía es algo tan esencial, que las características técnicas de las fuentes energéticas que usamos configuran toda la tecnología y gran parte de los usos y costumbres sociales.

Los camiones de 5 ejes que circulan por nuestras carreteras se han diseñado de esa manera porque cuentan con una fuente de energía que hace sencillo mover esas dimensiones. Si tuviéramos que moverlos con caballos, en teoría sería posible, pero nos crearía tantísimos problemas de gestión de los animales, que dejaríamos de hacerlo. La tecnología que está adaptada para la energía del caballo es el carro de caballos, mientras que el camión está pensado para el gasóleo.

¿Cuál es la tecnología adecuada para un mundo de energías renovables similares a la eólica y solar que ahora conocemos? No lo sé y dudo que nadie lo sepa, pero es seguro que sería un mundo que hace menos tonterías en la distribución de mercancías, mucho más local, más austero. Probablemente sería una sociedad que usa vehículos más pequeños, que vuelve al ferrocarril y al barco para el transporte de mercancías, basada en una agricultura orgánica, que se adapta a los ritmos de las estaciones y cuida de forma exquisita el reciclado de los minerales... No estaría de más que empezáramos a recordar cómo era la tecnología de nuestras tatarabuelas en el siglo XIX, por si acaso.

Además, muchos abogan por avanzar hacia tecnologías sencillas que llaman “low tech”, pero yo no estoy muy de acuerdo con ese término. Lo poco que he experimentado con tecnologías, me ha hecho ver que no hay tecnologías sencillas, todas requieren su maestría, su “know how”, sus buenos profesionales. Los pequeños detalles hacen que una tecnología funcione fantásticamente o no funcione en absoluto.

La complejidad de la tecnología, de todas las tecnologías, hace que nos sea muy difícil cambiar hacia una vida más sostenible. Nos vemos forzados a usar las tecnologías que nos venden las grandes multinacionales, aunque sabemos que muchas de ellas tienen un coste ambiental y humano enorme, pero no sabemos cambiar a tecnologías alternativas. Si nos atrevemos a experimentar con alternativas “hechas en casa”, nos encontramos con tecnologías torpes y burdas. En realidad, no es que las alternativas sean torpes, probablemente pueden llegar a ser igual de eficaces que la tecnología que nos venden las multinacionales, lo que sucede es que nadie ha invertido suficiente tiempo y dinero en desarrollarlas para que lleguen a su madurez técnica.

De nuevo, nos encontramos con un problema dinámico: nos hemos metido por un camino y la inercia nos hace muy difícil salir de él, pero este camino no es, en absoluto, el único ni el mejor. Por ejemplo: ¿qué hubiera pasado si a principios de siglo XX se hubiera decidido tratar los residuos humanos en las ciudades en seco en lugar de desarrollar los sistemas de alcantarillado que crean tantísimos problemas en los ríos?

Economistas ¡inventen algo!

La transición energética es mucho más que energías renovables, pero también es mucho más que energía porque, aunque muchos no lo quieran ver, cada vez es más evidente que necesitamos cambios sociales y económicos muy profundos.

Para ilustrar esto, me gustaría explicar el estudio que publicamos en 2020 sobre la descarbonización del transporte. En este estudio se utilizaba el modelo

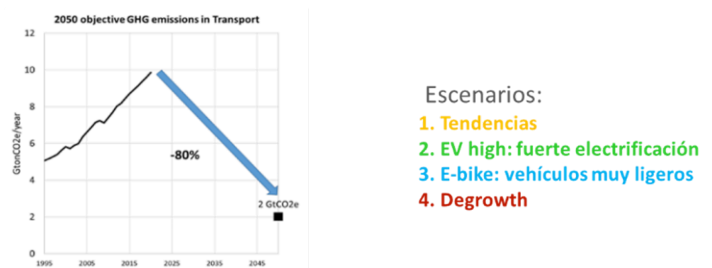


Figura 5: objetivos de descarbonización del transporte. La figura muestra las emisiones de CO₂ del transporte mundial (en negro) y el objetivo de reducción de un 80% en 2050 (cuadrado negro).

MEDEAS² para ver qué tendríamos que hacer para conseguir una disminución de un 80% en las emisiones del transporte mundial en 2050 (Figura 5). Para ello, imaginamos dos escenarios ideales: el sueño tecnoptimista del coche eléctrico (EV-high) y el sueño ecologista del “todo el mundo en bici” (E-bike) y los comparamos con las tendencias. También diseñamos un escenario que nos funcionase y realmente consiguiese esa descarbonización del 80% del transporte mundial y lo llamamos Degrowth (decrecimiento).

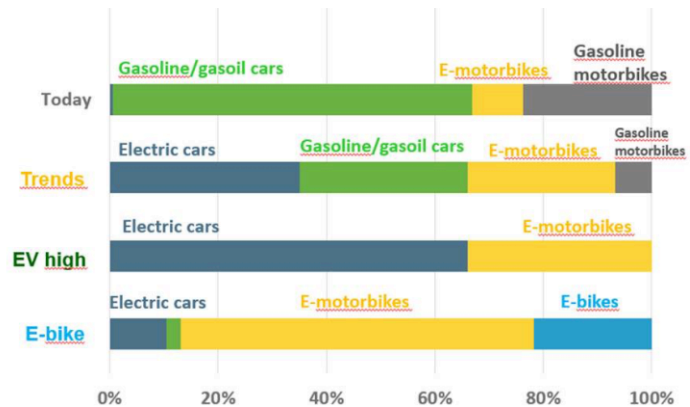


Figura 6: porcentajes de vehículos de pasajeros de cada tipo respecto al total de vehículos en 2050 para cada escenario.

En la Figura 6 se muestran los porcentajes de vehículos particulares que proponíamos en 2050 en cada uno de los escenarios, comparados con los porcentajes actuales (“Today”). Se puede ver que el escenario EV-high todo el transporte de pasajeros es eléctrico, bien mediante coches o motocicletas, y en el E-bike la mayor parte del transporte se realiza en vehículos eléctricos muy ligeros, similares a motocicletas.

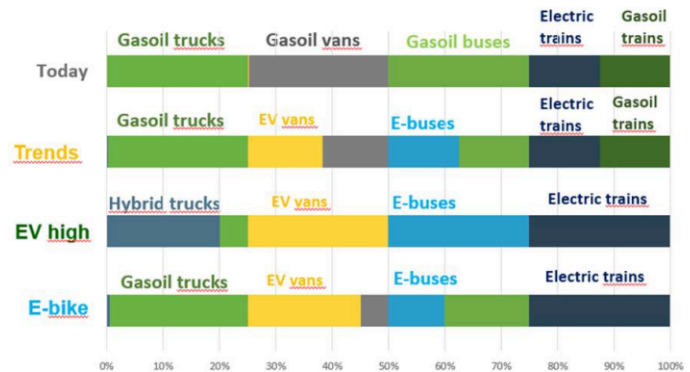


Figura 7: porcentajes de vehículos de mercancías de cada tipo respecto al total de vehículos en 2050 para cada escenario.

En la Figura 7 se muestran los porcentajes de vehículos de mercancías que proponíamos. Para los vehículos de mercancías no nos atrevimos a ser tan ambiciosos como para los particulares porque eso nos metía en escenarios propios de la ciencia ficción. En el escenario EV-high propusimos que los camiones y vehículos pesados fueran híbridos o de gasóleo, no contemplábamos camiones completamente eléctricos. Esto nos generó muchas críticas de los revisores del artículo, pero lo mantuvimos porque un sistema de transporte de mercancías basado en camiones eléctricos requiere cambios económicos estructurales.

Un camión eléctrico no puede trabajar como lo hacen los camiones de gasóleo, requiere muchas más paradas, más tiempo, grandes infraestructuras de distribución eléctrica para la recarga de las baterías... Un mundo de camiones eléctricos requiere cambios estructurales en la logística y el comercio, no es un simple cambio tecnológico.

Los resultados nos mostraban que las emisiones del transporte mundial bajo estos escenarios eran menores

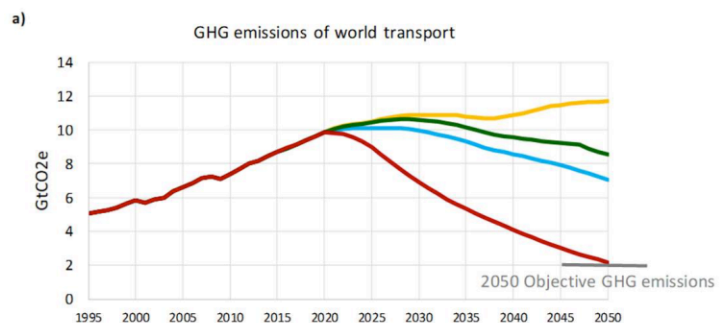


Figura 8: emisiones de gases de efecto invernadero del transporte mundial bajo los cuatro escenarios descritos. Las emisiones están muy lejos de los objetivos de descarbonización excepto en el escenario Degrowth.

² De Blas, I., Mediavilla, M., Capellán-Pérez, Í., Duce, C., 2020. [The limits of transport decarbonization under the current growth paradigm](https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100543). *Energy Strategy Reviews*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100543>

que las que se esperaban de las tendencias, pero eran reducciones muy modestas que no llegaban, ni de lejos, al objetivo del 80% de descarbonización (Figuras 8 y 9). ¿Cuál era la causa de esto? La principal se debía al crecimiento económico.

Los escenarios EV-high y E-bike conseguían mayor crecimiento económico que el escenario tendencial, porque el cambio a vehículos eléctricos hacía que esos escenarios no fueran tan afectados por el pico del petróleo. Al haber más crecimiento económico, crecen todos los sectores y demandan más transporte, lo que aumenta las emisiones del sector transporte. Para conseguir un 80% de descarbonización teníamos que introducir cambios que tocan la estructura económica de forma profunda y son los que agrupamos bajo el escenario que llamamos Degrowth.

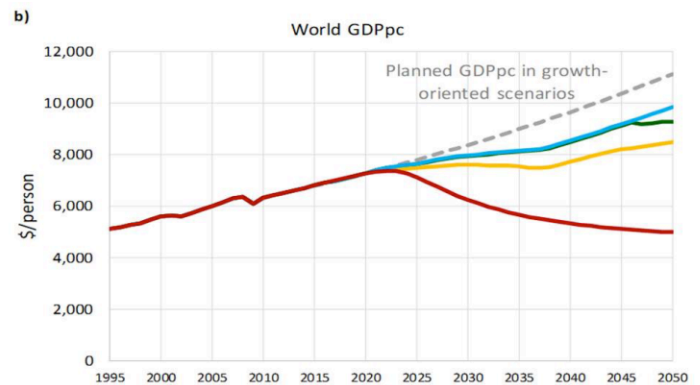


Figura 9: PIB per capita mundial bajo los cuatro escenarios descritos. La línea gris a trazos representa el crecimiento económico esperado, que es mayor que los demás debido a que el resto de los escenarios se ve afectado en mayor o menor medida por la escasez de combustibles líquidos derivados del petróleo. Los escenarios EV-high y E-bike, que demandan menor combustibles líquidos, consiguen mayor crecimiento económico. En el escenario Degrowth el PIB es forzado a descender hasta estabilizarse en de 5,000 \$ per capita (actual 6,500 \$).

¿Qué es el escenario “Degrowth” ? Este escenario también tiene un cambio a vehículos muy ligeros pero, además, el PIB desciende hasta estabilizarse en de 5,000 \$ per capita (el actual es 6,500 \$/persona). También es un escenario de economías relocalizadas: hay un 60% menos de demanda de transporte de mercancías y un 85% menos de transporte aéreo.

Todas estas cosas tuvimos que hacer para conseguir el objetivo de la descarbonización. Evidentemente, podríamos haber elegido otras combinaciones de números porque esto sólo es un ejercicio, pero nos permite hacernos una idea de la magnitud de los cambios necesarios.

La conclusión más relevante del estudio es el efecto del PIB: los escenarios coche eléctrico y bicicletas generan más crecimiento económico que el escenario tendencial y, paradójicamente, aumentan el consumo. Esto se ve representado en el diagrama de la Figura 10: ambas tendencias, la que disminuye el consumo de energía y la que lo aumenta, se combinan y terminan dando un resultado más mediocre del esperado.

Al final, todo ello nos muestra la inutilidad de las medidas exclusivamente tecnológicas y la imposibilidad de disminuir las emisiones sin abordar la insostenibilidad estructural de nuestra sociedad ni tocar la dinámica del crecimiento económico. Incluso el sueño de un mundo de bicicletas de un ecologista es incapaz de reducir las emisiones significativamente, la dinámica del crecimiento económico termina haciendo que la energía que no consume un sector la consume otro. La dinámica económica del crecimiento está en la base de todo y se ha convertido en un

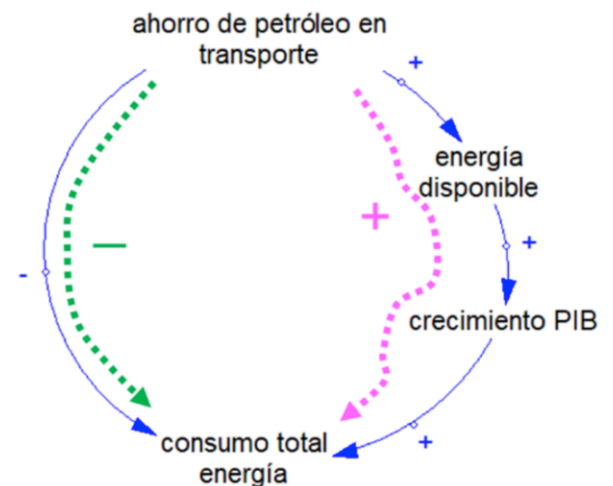
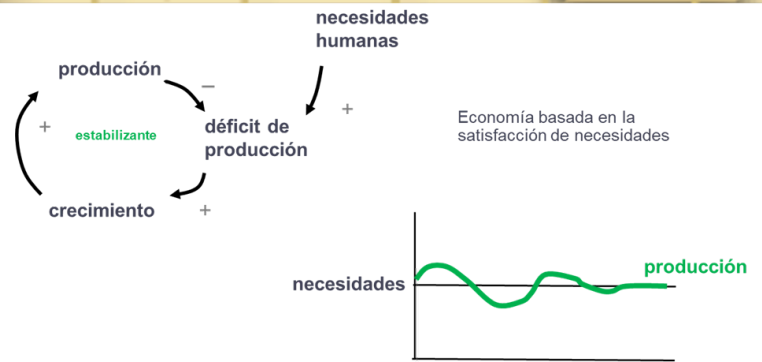


Figura 10: representación del efecto del crecimiento económico en el problema de descarbonización del transporte. Por una parte, las medidas de ahorro y electrificación disminuyen el consumo de energía en el transporte, pero, por otra parte, dejan energía disponible para otros sectores que crecen más y demandan más transporte y también más energía para el transporte.

imperativo de la sociedad actual: para que “vayan bien las cosas” tenemos que crecer... ¿Por qué? ¿Por qué tenemos que crecer?

En teoría, una economía no tiene por qué estar basada en el crecimiento. Deberíamos tener sociedades cuyo objetivo sea la satisfacción de las necesidades humanas y, mientras la población no crezca, las necesidades no tienen por qué crecer.



Esto lo podríamos representar con un diagrama como el de la Figura 11: las necesidades humanas se comparan con la producción de bienes materiales y, si existe un déficit, la producción crecería, pero si hay superávit, la producción decrece. De esta forma, se crearía una realimentación estabilizante que ajustaría la producción a las necesidades.

Figura 11: diagrama que representa una economía centrada en satisfacer las necesidades humanas.

Las sociedades tradicionales de base agraria, en gran parte, se comportaban de esta manera, porque el trabajo y la energía eran escasos y la sociedad se adaptaba a la energía que podía darle en entorno, intentando cubrir las necesidades de la población, pero sin intentar “crear más trabajo”.

Pero la economía capitalista no sigue este patrón ni tiene un comportamiento estable. En la economía actual existen dos mecanismos muy claros que hacen que las necesidades tiendan a inflarse artificialmente y han sido descritas en la Figura 12 con las flechas rojas. Por una parte, las empresas obtienen beneficios proporcionales a la cantidad de producto vendido, por ello tienen interés en que la producción crezca e invierten en publicidad para incrementar las necesidades percibidas por los consumidores. Este comportamiento se realimenta a sí mismo y crea un lazo con todos los signos positivos: cuanta más producción más necesidades y cuantas más necesidades también más producción. Todo ello conduce a una economía que aumenta constantemente el impacto de las actividades humanas sobre la biosfera.

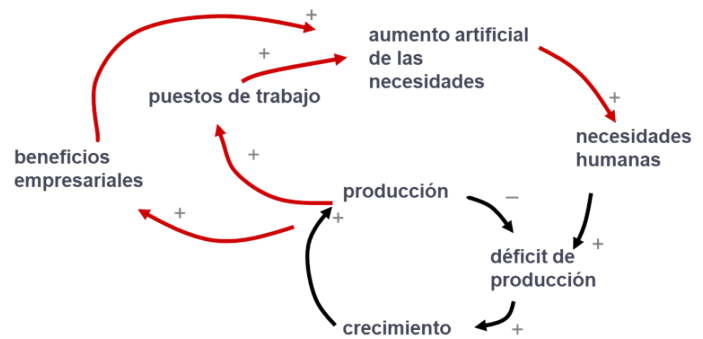


Figura 12: diagrama que representa una economía que infla artificialmente las necesidades humanas creando dos lazos de realimentación reforzantes (flechas rojas combinadas con las negras entre necesidades humanas y producción).

Pero hay otro mecanismo que también crea este patrón y es más insidioso. Viene dado por la necesidad de las clases trabajadoras de asegurarse su sustento mediante el empleo remunerado. Como los salarios son también proporcionales a la producción, la clase obrera está obligada a apoyar el aumento de la producción para asegurar su salario. Además, el hecho de que la automatización disminuya la cantidad de puestos de trabajo por unidad de producto, hace que los trabajadores ejerzan cada vez más presión para aumentar la producción y, con ello, se conviertan en enemigos de cualquier medida ambiental que intente estabilizar el impacto humano dentro de los límites del planeta.

Este mecanismo explica el habitual conflicto entre movimientos ecologistas y sindicales que causa una particular esquizofrenia en el seno de los movimientos de izquierda. Por una parte, la izquierda apoya las reivindicaciones ecologistas, pero, por otra, defiende el mantenimiento de los puestos de trabajo en empresas cuyas actividades son netamente insostenibles como el automóvil o las minas de carbón. En muy contadas excepciones se encuentran sectores económicos que proporcionan a la vez nuevos puestos de trabajo y disminución del impacto sobre la biosfera, pero, no es esa la tónica general, con lo cual el conflicto entre empleos y ecología queda sin resolver o es cerrado artificialmente a base de subvenciones o de esperanzas en encontrar “tecnologías verdes”.

¿Como solucionamos esto? La clave de toda la realimentación está en la relación entre producción y beneficios/salarios ¿Podríamos imaginar una economía en la que los beneficios empresariales y los salarios no estuvieran ligados a la cantidad de productos vendidos? Algo así es lo que se hace en los servicios públicos, por ejemplo. Un médico o un bombero no cobran más cuando hay más incendios o más enfermedades, se les paga para que estén ahí cuando hace falta.

Pero... ¿cómo imponer este tipo de cambios draconianos? ¿Con una economía fuertemente centralizada y dirigida por el estado como el comunismo de la URSS? Permitidme, como forofa de la dinámica de sistemas, que dude de la capacidad de este tipo de soluciones desde arriba. Una economía planificada por el estado es algo completamente unidireccional y sin realimentaciones y todo lo que funciona bien en la naturaleza lo hace a base de realimentaciones.

Yo apostaría más bien por la incentivación de mecanismos que corrijan este insidioso lazo de crecimiento a base de realimentaciones desde abajo que son, en definitiva, lo que llamamos democracia. Pero no soy economista ni conozco qué mecanismos de ese tipo pueden ser realistas, por eso suplico a los profesionales de esta materia que, por favor, inventen sistema económico que no nos ate suicidamente al crecimiento.

La dinámica del colapso

El hecho de que tengamos una economía basada en el crecimiento aumenta enormemente nuestras posibilidades de entrar en dinámicas de colapso social. Existen varias definiciones de colapso, pero a mí me gusta verlo con el patrón dinámico descrito en el diagrama de la Figura 13 que produce una caída brusca y acelerada. Este tipo de colapso lo podemos llamar también desplome o desmoronamiento: la pérdida de la base, el crecimiento que se olvida de asentarse sobre sus cimientos.

En este diagrama, por una parte, tenemos el lazo reforzante del crecimiento económico, en flechas rojas.

Por otra parte, tenemos que la demanda de recursos, proporcional al PIB, se confronta con la capacidad de la naturaleza de proporcionar recursos (lo que llamamos “capacidad de la base”). Si la demanda es mayor que la disponibilidad, aparece un déficit que, en teoría debería frenar el crecimiento del PIB y crear un lazo estabilizante como el que se ven en color verde.

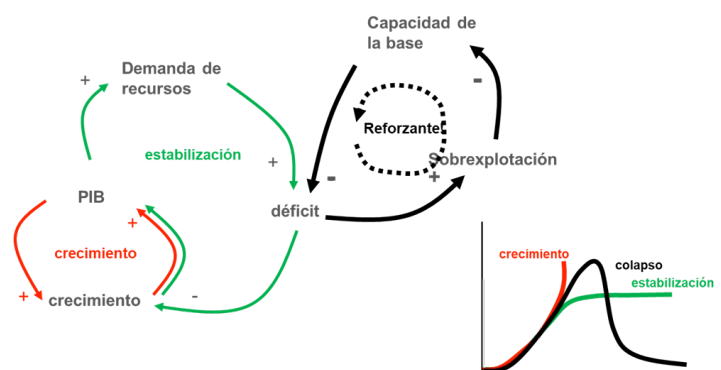


Figura 13: diagrama del patrón de colapso con sus tres lazos de realimentación: el reforzante del crecimiento económico, el estabilizante de los límites y el reforzante de la sobrexplotación.

La combinación de estos dos lazos, el de crecimiento del PIB y el estabilizante, debería dar un comportamiento en forma de S como el de la figura (en verde) que comienza creciendo, pero se estabiliza al llegar a los límites.

En la economía actual, sin embargo, el lazo verde de la estabilización no se pone en marcha, porque la dinámica del crecimiento económico capitalista es tan fuerte, que hace inútiles todos los intentos de estabilización. Esto pone en marcha un tercer lazo especialmente insidioso: el de la sobrexplotación.

La sobrexplotación aparece cuando el déficit deteriora la capacidad de la base de proporcionar recursos. Por ejemplo: si se saca sistemáticamente más madera de un bosque que la que se regenera cada año, el bosque se hace cada vez más pequeño y menos capaz de proporcionar madera. La sobrexplotación crea también un lazo de realimentación (el lazo negro de la Figura 13) porque hace que la capacidad de la base disminuya y, al disminuir, aumenta el déficit y esto conduce a una sobrexplotación todavía mayor (los dos signos menos se compensan y se convierten en un más). Este es un lazo reforzante que disminuye más y más la capacidad de la base.

El resultado de la combinación de estas tres dinámicas es el patrón de colapso que se puede ver en negro en la figura: un crecimiento inicial rápido que llega a un máximo y cae también de forma muy rápida.

Desde los años 80 del siglo pasado sabemos que hemos sobrepasado la capacidad del planeta de proporcionarnos recursos de forma sostenible y estamos degradando su biocapacidad, pero hemos seguido creciendo, lo cual indica que hemos entrado en el lazo de la sobrexplotación. Desde la crisis de 2008 es también se observa que hemos seguido creciendo a base de sobrexplotar nuestra base social con condiciones laborales cada vez peores, familias cada vez más estresadas y vidas cada vez más precarias.

Ante la evidencia de los límites, la sociedad debería haber puesto en marcha el lazo verde de la estabilización con políticas de buen decrecimiento. Esta idea del decrecimiento voluntario, de una manera u otra, ha sido el mensaje principal del ecologismo político en las últimas décadas, pero estamos viendo que las medidas tardan mucho en ponerse en marcha, porque el capitalismo se resiste a decrecer y está cargado de inercias e intereses enormemente poderosos.

El retraso de la puesta en marcha del lazo de estabilización hace que el pernicioso lazo negro de la sobrexplotación se esté empezando a activar. Por ello es vital que entendamos que la acción más importante para la supervivencia de las sociedades humanas en estos momentos consisten en desactivar el lazo de degradación. Este mensaje añade un matiz a mayores al mensaje decrecentista, y la palabra que mejor lo describe es la noción de cuidado, aplicada, en un sentido amplio, al cuidado de todo lo que reproduce la vida en el planeta.

Porque podemos llamar perfectamente políticas de cuidado a todas aquellas que desactivan la relación entre el déficit y la sobrexplotación. La actitud de cuidado es la que inspira las políticas de protección ambiental y nos lleva a gestionar bien el territorio, los suelos, los bosques, las personas; es la actitud que protege la reproducción de todo lo que nos alimenta.

Las realimentaciones del miedo, la escasez, la culpa y las reglas de la cosecha honorable

Aunque la realidad sea dura no podemos ignorar que estamos entrando en dinámica de colapso, de desplome, de eso que podemos llamar deterioro de nuestras bases tanto humanas como naturales. Por ello debemos enfrentarnos a las

dinámicas sociales y a las realimentaciones que puede empeorar las cosas para ser capaces de desactivarlas o mantenerlas, al menos, a ralla.

Una de las que a mí me parece más perniciosa es la relacionada con los sentimientos de miedo, culpa y escasez y que se representa en la Figura 14.

El efecto de la escasez de energía en la economía no es evidente porque no se traduce en un aumento directo de los precios de los carburantes o la electricidad, pero va creando dificultades que van minando poco a poco todos los sectores económicos creando crisis económicas puntuales y más o menos duraderas.



Figura 14: realimentaciones reforzantes del miedo y la culpa (negro) y lazo estabilizante del ecofascismo (verde).

La crisis económica trae consigo la crisis social. La gente se ve cada día en una situación más precaria y es presa fácil del miedo: miedo de los pobres que temen por su sustento y miedo de los ricos, que quieren continuar con el business as usual de las ganancias crecientes en mercados cada día más inciertos. El sentimiento de escasez lleva a la competición, elimina la tendencia a compartir y acentúa el miedo. La culpa puede sumarse también a este coctel de sentimientos insidiosos, esa culpa derivada de nuestra responsabilidad en la crisis ecológica mal asumida.

El miedo y la culpa no suelen traer nada bueno. Por una parte, el miedo suele fomentar posturas conservadoras, por otra parte fomentan opciones políticas de ultraderecha defendidas por “hombres fuertes” que prometen traernos las buenas cosas de antes. El sentimiento de culpa mal digerido lleva a la negación: ante una culpa inabordable se niega el problema. Este mecanismo lo estamos viendo claramente en estos momentos con el aumento del negacionismo climático.

Las opciones conservadoras que miran hacia atrás no son la mejor compañía a la hora de enfrentarnos a los problemas del este siglo, tan diferentes de los de siglos pasados, que fueron siglos de crecimiento y no de decrecimiento. A los partidos políticos ultraconservadores no se les pasa por la cabeza invertir en ahorro, ni en energías alternativas ni mucho menos en un cambio de sistema económico.

Con ellos corremos el riesgo de entrar en un lazo de realimentación como el que se ve en la Figura 14: la crisis energética y social causa el auge de la ultraderecha, la ultraderecha agrava más todavía la crisis energética y ésta agrava la crisis social que impulsa todavía más el voto de ultraderecha...

Las cosas pueden empeorar si intentamos salir de la crisis a base de exprimir todavía más a nuestra explotada madre tierra creando otro lazo de realimentación reforzante que se puede ver en la Figura 14. La falta de petróleo puede hacer que busquemos cualquier cosa para saciar el hambre consumista: biocombustibles que arruinan las selvas, biomasa que nos deja sin bosques, coches eléctricos que disparan la minería, carbón que acelera el cambio climático... Todo ello, además, nos conduce a la guerra por los recursos y la guerra también es un enorme consumidor de energía.

Por otra parte, también corremos el riesgo de que aparezca un pernicioso lazo estabilizante que podemos llamar de ecofascismo y se representa en la figura en color verde. Ante la crisis ecológica, las élites pueden caer en la tentación de imponer sistemas fuertemente autoritarios que consiguen estabilizar el consumo a base de imponer sistemas totalitarios basados en el miedo. Aunque teóricamente este sistema resolvería el problema ambiental, nos llevaría a dinámicas sociales enormemente indeseables.

Los sentimientos de culpa y escasez son dos piezas clave de nuestra psicología que deberíamos analizar cuidadosamente.

A la hora de huir de la culpa en nuestra relación con la naturaleza, recomiendo la lectura del libro de Robin Wall Kimmerer *Una Trenza de Hierba Sagrada*, en el que describe las reglas que los pueblos nativos norteamericanos tienen a la hora de recolectar frutos de la naturaleza. Estas reglas de buen comportamiento buscan establecer la paz entre nuestra necesidad de extraer recursos de la naturaleza para vivir y la necesidad de respetarla, lo cual es vital para terminar con esa permanente sensación de culpa y de sentir que el ser humano es un cáncer para la biosfera.

Las reglas de la cosecha honorable, en el fondo, buscan la simbiosis entre humanos y naturaleza, que es la relación óptima en la cual el beneficio es mutuo. Además, abordan un aspecto muy interesante: la abundancia. Cuando las relaciones se abordan de forma justa y respetuosa, como proponen estas normas, se agradece lo recibido y se comparte, lo que estimula a los demás a adoptar la misma actitud de compartir, y esto, si se adopta en toda la comunidad, termina creando la abundancia de los recursos bien distribuidos.

Ese compartir que crea abundancia es lo contrario a la actitud de escasez que fomenta el que cada uno guarde para sí, dejando a los demás sin los recursos, que pueden ser suficientes, pero se vuelven escasos por la mala distribución. Las normas de la cosecha honorable se pueden resumir en las siguientes normas (traducción propia):

- Toma sólo lo que necesites, toma sólo lo que se te ofrece.
- Pide permiso.
- Deja algo para los demás.
- No malgastes, usa de forma respetuosa..
- Comparte y agradece (mentalidad de abundancia).
- Deja algo a cambio (reciprocidad).

Todas estas reflexiones nos pueden ayudar a la hora de desactivar los perniciosos lazos de realimentación de la Figura 14. La dinámica más urgente a frenar, en estos momentos, es la que nos lleva al deterioro de la biosfera. En momentos de crisis económica puede parecernos que la protección de la naturaleza es algo accesorio, pero no lo es. Es esto nos jugamos el comer o no comer. La sobreexplotación de la naturaleza acentúa la erosión de las tierras fértiles, el colapso de pesquerías y el agotamiento de los acuíferos que causan migraciones, hambrunas y guerras. Además, nuestra única protección frente a las desastrosas consecuencias del cambio climático es contar con una



Figura 15: estrategias para romper las realimentaciones de la Figura 14.

biosfera en las mejores condiciones posibles, que establezca y frene los desastres climáticos. Por eso en el diagrama de la Figura 15 se propone la estrategia del amor a la naturaleza para romper la realimentación entre crisis energética y crisis ecológica.

Otra de las relaciones a cortar es la que liga la crisis económica con la crisis social. Cortar esta relación requiere buenas dosis de políticas sociales que repartan la crisis entre todas las espaldas y aseguren las necesidades básicas. Los cuidados, poner la vida en el centro, algo tan importante y tan olvidado.

Por último, no debemos olvidar el poder irresistible que tienen los éxitos a la hora de convencer. Cuando las soluciones del tipo “menos es más” empiecen a tener éxito, serán mucho más convincentes que las promesas de volver al pasado reaccionarias y romperán la relación entre crisis económica y políticas reaccionarias porque la sociedad confiará en políticas más adecuadas.

Hacer versus no hacer

Me gustaría citar a un gran sabio de este siglo que ha aportado la valiosa contribución de la permacultura: Masanobu Fukuoka. Fukuoka, inspirado por el taoísmo y el Zen, habla de la filosofía del no hacer, el Wu Wei, el intervenir lo menos posible, dejando que sean las fuerzas de la naturaleza las que hagan las cosas.

El mundo capitalista hace todo lo contrario al Wu Wei. La dinámica del interés hace que se incentive el vender remedios y fabricar soluciones en lugar de en resolver causas. Se invierten millones en desarrollar medicamentos que curen el cáncer, pero nadie se preocupa de buscar sus causas, de prohibir pesticidas o de eliminar conservantes cancerígenos de los alimentos. Se desarrollan nuevos pesticidas, semillas transgénicas y robots agrícolas, pero nadie se preocupa de dejar que las lombrices y las micorrizas fertilicen el suelo.

Pero ese dejar hacer a la naturaleza se topa con un obstáculo muy importante: nuestro tradicional desprecio hacia todo lo natural y la fascinación por la tecnología. No dejamos hacer a la naturaleza porque consideramos que la naturaleza es lo burdo, lo tosco, lo atrasado mientras nuestra tecnología es sofisticada y avanzada. ¡No nos damos cuenta de hasta qué punto nuestras tecnologías son burdas y elementales si las comparamos con las tecnologías de la naturaleza!

Imagina que metes un teléfono móvil en el suelo, lo riegas un poco y vas viendo cómo ese móvil desarrolla unos pequeños paneles solares para generar su propia energía, luego, con esa energía, crea una mina para sacar minerales de la tierra y a los pocos meses ha creado él sólo una fábrica de móviles. Sería fascinante ¿verdad? Pues eso es lo que hace una simple semilla, digamos, por ejemplo, de tomate.

Nuestra tecnología está a años luz de acercarse a hacer algo semejante. Las plantas, animales, ecosistemas y nuestro propio cuerpo hacen cosas impensables para la ingeniería humana: reciclan los minerales a tasas cercanas al 100%, son increíblemente eficientes en el uso de la energía, tienen una



Figura 16: sería fantástico conseguir una planta que diera móviles ¿verdad?

estabilidad y una resiliencia extraordinarias... No sabemos si Gaia es un super organismo como dice Carlos de Castro, pero lo que sí sabemos es que es una «gran ingeniera».

Este respeto hacia la naturaleza es esencial para que podamos caminar hacia una sociedad y una tecnología que cumplan los principios básicos de la sostenibilidad enunciados al inicio de este documento. Tenemos que dejar de sentirnos fascinados por espejismos tecnológicos que nos hacen invertir energía y recursos cada vez más escasos en fetiches tecnológicos que, en el fondo, lastran nuestra vida.

La inteligencia artificial, las redes sociales, Google, la nube nos sale gratis como usuarios (de momento) pero alguien paga por ello. El coste de todos estos servicios tecnológicos se reparte entre toda la sociedad. Eso hace que cosas muy básicas como la vivienda, la verdura y fruta fresca o el tiempo para cuidarnos y cuidar a los demás sean cosas tan caras que no nos las podemos permitir. La investigación presta escasísima atención a algunas tecnologías que nos pueden ser imprescindibles en un futuro de recursos escasos como la agroecología, mientras gasta cantidades ingentes en cosas que tienen muy poco retorno social. Podríamos decir que somos una sociedad con una cabeza inmensa y unos pies minúsculos que...colapsa, se desploma por falta de base. Somos un gigante con los pies de barro.

La transcendencia

Todo este panorama nos habla de problemas muy sistémicos, muy imbricados y de soluciones muy complejas. Ante problemas tan complejos es esencial no empeorar las cosas. Lo peor que nos puede pasar es caer en dinámicas de caos social, guerra y degradación moral que no sólo crean horribles problemas humanos, sino que acentúan los problemas ecológicos. Por ello, es esencial controlar el miedo, que nos convierte en masas manipulables y nos lleva a caer en las peores degeneraciones. Pero....¿cómo no tener miedo al miedo?

Esta situación recuerda a la historia de Atreyu en el libro de La Historia Interminable. El joven héroe de la novela tiene que buscar solución a un problema terrible: el mundo de Fantasía está siendo aniquilado por la más horrible destrucción, la nada. Para encontrar la solución él debe atravesar la puerta flanqueada por dos terribles esfinges sin que estas abran los ojos. Si ellas detectan su miedo, abrirán los ojos y le fulminarán con su mirada. ¿Cómo no tener miedo de algo que te puede fulminar en el acto?



Figura 17: Atreyu y las esfinges.

La solución al enigma está en la transcendencia. Atreyu termina pensando que salvar Fantasía es más importante que su propia vida, que su vida está al servicio de algo mayor que su yo individual. Ese sentido de la transcendencia, el sentirse parte de algo más importante que uno, es esencial para conservar una psique sana en momentos de crisis, como también argumentan la psicóloga Ginie Servant-Miklos³ o el psiquiatra Viktor Frankl.⁴

Mantener la calma en el peligro, conservar la serenidad y hacer lo correcto simplemente porque hay que hacer lo correcto, son cosas esenciales para no caer en espirales destructivas que sólo pueden empeorar las cosas.

³ Entrevista a Ginie Servant-Miklos en el World Adaptation Forum 2025. https://www.youtube.com/watch?v=8m9mHOj_dnY

⁴ El hombre en busca de sentido, Viktor Frankl. Editorial Herder, Barcelona 2004

Espero haber abierto caminos a la reflexión en toda este post tan sistémico, tan lleno de ideas que quizá sean acertadas, quizá no, pero que quieren animaros a abrir la puerta, a dejar los esquemas manidos de las soluciones lineales de siempre y enfrentarnos al baile de esa realidad compleja, múltiple, abigarrada que necesita mentalidades abiertas y amplias para ser comprendida.

Vínculos relacionados:

- La Alianza Global Jus Semper
- Marga Mediavilla: [La globalización, la izquierda introvertida y la ultraderecha que acaba de descubrir el mundo](#)
- John Bellamy Foster y Brett Clark: [Socialismo y Supervivencia Ecológica: Una Introducción](#)
- John Bellamy Foster y Álvaro de Regil: [Materializando la Revolución: El Movimiento Hacia el Ecosocialismo](#)
- John Bellamy Foster: [Decrecimiento Planificado: Ecosocialismo y Desarrollo Humano Sostenible](#)
- Lourdes Lucía – Alberto Fraguas: [Más allá del crecimiento](#)
- Alberto Garzón Espinosa: [Los límites del crecimiento: ecosocialismo o barbarie](#)
- Giorgos Kallis: [Cuestionando nuestros límites para dejar atrás la escasez](#)
- Giorgos Kallis et al: [Post-crecimiento: la ciencia del bienestar dentro de los límites planetarios](#)
- Jason Hickel / Dylan Sullivan: [¿Cuánto crecimiento se necesita para lograr una buena vida para todos?](#)
- Miriam Lang: [Degrowth — Unsited for the Global South?](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Provocando la Toma de Conciencia y Acción para Geocracia](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [La Insoportable Falta de Conciencia de Nuestra Crisis Ecológica Existencial](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Transitando a Geocracia: Paradigma de la Gente y el Planeta y No el Mercado — Primeros Pasos](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Mercadocracia y el Secuestro de la Gente y el Planeta](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Los Delirios Fraudulentos del Capitalismo Verde](#)
- Mateo Aguado: [La toxicidad del modo de vida capitalista](#)
- Asier Arias: [¿Crisis o colapso? Extralimitación y decrecimiento](#)
- Diego Delgado: [“Si no apuestas por el decrecimiento, tendrás empobrecimiento”](#)
- Manuel Casal Lodeiro et al: [Transiciones energéticas y Decrecimiento: una entrevista a Manuel Casal Lodeiro](#)
- Natalie Bennett: [Trabajar menos, y no de forma más inteligente](#)

❖ **Acerca de Jus Semper:** La Alianza Global Jus Semper aspira a contribuir a alcanzar un etos sostenible de justicia social en el mundo, donde todas las comunidades vivan en ámbitos verdaderamente democráticos que brinden el pleno disfrute de los derechos humanos y de normas de vida sostenibles conforme a la dignidad humana. Para ello, coadyuva a la liberalización de las instituciones democráticas de la sociedad que han sido secuestradas por los dueños del mercado. Con ese propósito, se dedica a la investigación y análisis para provocar la toma de conciencia y el pensamiento crítico que generen las ideas para la visión transformadora que dé forma al paradigma verdaderamente democrático y sostenible de la Gente y el Planeta y NO del mercado.

❖ **Acerca de la autora: Marga Mediavilla** es Profesora Titular en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y miembro del Grupo de Investigación en Energía y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid. Ecologista, activista.



❖ **Acerca de este trabajo:** “Estrategias Sistémicas para una Transición Complicada” se publicó originalmente en castellano por [Habas Contadas](#) en julio de 2025. Este comentario ha sido publicado bajo Creative Commons, (CC BY-NC-SA 4.0) Se puede reproducir el material para uso no comercial, acreditando al autor, compartiendo bajo esta misma licencia y proporcionando un enlace al editor original.

❖ **Cite este trabajo como:** Marga Mediavilla: Estrategias Sistémicas para una Transición Complicada – La Alianza Global Jus Semper, marzo de 2026.

❖ **Etiquetas:** capitalismo, democracia, ecología, economía, cambio climático, dinámica de sistemas, colapso, decrecimiento, transición, trascendencia.

❖ La responsabilidad por las opiniones expresadas en los trabajos firmados descansa exclusivamente en su(s) autor(es), y su publicación no representa un respaldo por parte de La Alianza Global Jus Semper a dichas opiniones.



Bajo licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

© 2026. La Alianza Global Jus Semper
Portal en red: https://www.jussemper.org/Inicio/Index_castellano.html