

COLAPSO Y TRANSICIÓN DE NUESTRA CIVILIZACIÓN: DEFENSA DEL *GAIARQUISMO*

Carlos de Castro Carranza
Profesor de Física Aplicada, Universidad de Valladolid

ISSN: 2386-2491

RESUMEN:

El colapso y posterior transición de nuestra civilización es inevitable. Se muestran las principales razones biofísicas, sociológicas y éticas de esta inevitabilidad. Se defiende que, desde los planos filosófico, ético y espiritual, durante el colapso y la transición sería importante un cambio de los paradigmas y valores hacia una visión de la humanidad integrada en el organismo que la acoge: Gaia. El Gaiarquismo sería la nueva revolución espiritual que permitiría crear sociedades sostenibles en el futuro.

ABSTRACT:

The collapse and the future transition of our present civilization is inevitable. Here, we show the biophysical, sociological and ethical reasons of that. From philosophy, ethics and spiritual points of view, during the collapse and transition, it will be important that changes in the paradigms and values will evolve to a view of the humanity inside of the organism it belong: Gaia. Gaiarquism will be the new spiritual revolution that will give rise to sustainable societies of the future.

PALABRAS CLAVE: *Colapso, Gaia, Sostenibilidad, Solidaridad, Adaptación.*

KEYWORDS: *Collapse, Gaia, Sustainability, Solidarity, Adaptation.*

1.- INTRODUCCIÓN

Vivimos en un mundo en profundas crisis, según Ban Ki Moon (2008) a finales de 2008 sufríamos crisis económica, energética y alimentaria en un contexto de graves problemas ambientales como el cambio climático. Hoy, esas crisis continúan.

Históricamente han existido civilizaciones que colapsaron por causas fundamentalmente debidas a crisis ambientales, con lo que tenemos precedentes históricos de los que aprender (Diamond 2006).

Distintos documentos firmados por conjuntos de científicos o Academias de Ciencia han advertido desde hace tiempo de los peligros que enfrentamos la humanidad como conjunto. Uno de los primeros y más importantes es el estudio de "los límites del crecimiento" (Meadows et al. 1972), que bajo modelos de dinámica de sistemas trata de extrapolar al futuro algunas tendencias de nuestra Civilización con la conclusión de que esas tendencias, si no se revierten, nos llevan al colapso.

Estableceré una analogía entre el viaje del Titanic y nuestra Civilización que será de ayuda. El estudio de los Meadows sería

análogo al momento en que la tripulación del Titanic divisó el iceberg.

Veinte años después de ese estudio pareciera que un cierto consenso existiría entre la comunidad científica: si extraemos unos párrafos del documento elaborado por la UCS (Union of Concerned Scientists) de Estados Unidos en 1992, nos daremos cuenta de la "radicalidad" de los científicos (UCS 1992)(traducción del autor):

"Los seres humanos y el mundo natural están en un camino de colisión. Las actividades humanas hacen mucho daño, a menudo irreversible, sobre el medio ambiente y sobre fuentes de recursos naturales críticas. Si no se revisan, muchas de nuestras prácticas actuales ponen en riesgo serio el futuro que deseamos para la sociedad humana y los reinos animal y vegetal, y pueden alterar el mundo vivo de tal forma que seamos incapaces de sostener la vida en la manera que la conocemos ahora. Se necesitan urgentemente cambios fundamentales si es que queremos evitar nuestro presente camino de colisión. No disponemos de más de una o unas pocas décadas para revertir los peligros que ahora tenemos si queremos evitar que el progreso de la humanidad quede enormemente disminuido...

Nosotros, los abajo firmantes, (...), así pues, advertimos a toda la humanidad de lo que está ahí enfrente. Un gran cambio en nuestras formas de actuar sobre la Tierra y la vida se requiere si se quiere evitar una miseria humana generalizada y no se quiere mutilar de forma permanente nuestro planeta."

Este documento lo firmaron en noviembre de 1992 unos 1700 científicos de 71 países diferentes, entre ellos más de la mitad de los premios Nobel de ciencia vivos en ese momento. Un documento de la misma organización (UCS 1997), también alarmante sobre Cambio Climático, lo firmaron 104 de los 178 premios Nobel de ciencia y unos 1500 científicos.

Puesto que nos advertían los científicos en 1992 de que disponíamos de una o unas pocas décadas y ya han pasado dos y media y no sólo hemos revertido los cambios sino que estamos acelerando los procesos que nos llevan al desastre, ya podemos concluir que muy probablemente sea inevitable "que el progreso de la humanidad quede enormemente disminuido". El Titanic ya ha chocado con el iceberg y además lo ha hecho acelerando.

La ciencia y los científicos están viviendo pues una especie de complejo de Casandra (Casandra obtuvo el don de la profecía del dios Apolo pero luego éste la condenó a no ser creída).

Este complejo se acrecienta cuando las advertencias de los científicos han sido ignoradas de forma efectiva y lo siguen siendo.

La teoría de sistemas dice que un sistema en expansión que se acerca a sus límites de sostenibilidad tiene una de tres posibilidades, la aproximación al límite adoptando un estado estacionario, el sobrepasamiento del límite y posteriores oscilaciones en torno a los nuevos límites o el sobrepasamiento del límite y posterior colapso (ver figura 1). Aquí se defiende que, para el sistema humano en la civilización actual, el primer caso es ya

imposible puesto que ya hemos sobrepasado en varios parámetros importantes los límites de sostenibilidad (Rockstorm et al. 2009) y se argumenta que el tercer caso (colapso) o una mezcla entre el segundo y el tercero son las salidas más probables; además, nos encontraríamos ya en o cerca del máximo para parámetros clave y, por tanto, esto nos exige una reflexión urgente de cómo nos vamos a adaptar al descenso (al cambio de civilización).

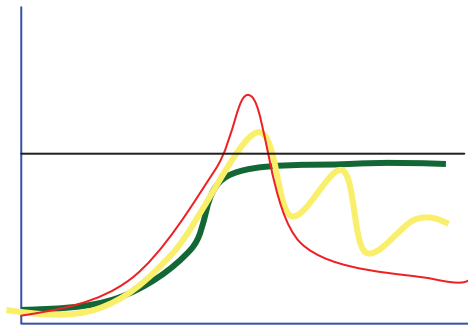


Figura 1. Gráficas que representarían un sistema complejo que se acerca a un límite de sostenibilidad, por ejemplo, el uso de recursos naturales renovables o la población de una especie. En el eje de ordenadas se representaría el valor que tomaría esa variable, siendo la línea horizontal negra el límite máximo sostenible que impondría la naturaleza del sistema. El eje de abscisas representaría el tiempo. En el caso humano la gráfica puede representar varios siglos. En el caso de la línea verde se alcanzaría un estado estacionario, por ejemplo, uso de energía o población estables. En el caso de la línea amarilla, se sobrepasa el límite lo que obliga tarde o temprano al sistema a retroceder, si el sistema no "aprende" volvería a crecer pero esta vez, dado el sobrepasamiento inicial, el límite puede haber decrecido por erosión de la base de recursos, por lo que las oscilaciones que se producirían irían descendiendo. La línea roja representaría lo que denominamos aquí colapso, que implica un fuerte descenso hasta que se llega a un nuevo estado (pueden pasar varias décadas e incluso siglos).

Algunos parámetros en los que hemos sobrepasado límites:

1.- La concentración en la atmósfera de gases invernadero: el CO₂ no debería pasar las 300 ppm (partes por millón) puesto que este es el nivel máximo que ha

tenido la atmósfera durante el último millón de años (tiempo del género Homo) con un clima oscilante pero apto para la vida humana. En este momento sobrepasamos las 400 ppm.

2.- La tasa de extinción de especies actual iguala o supera las 5 tasas de extinción masivas anteriores. Sobrepasamos en dos o tres órdenes de magnitud la tasa natural de extinción y el caos climático y otras causas están acelerándola.

3.- Movemos más nitrógeno y otros compuestos que toda la biosfera y geosfera en su conjunto rompiendo ciclos que han estado regulados y estables durante cientos de millones de años.

4.- El indicador de la Huella Ecológica (conservador) da 1,6 planetas Tierra, el nivel máximo sostenible es inferior a 1 Tierra.

2. EL COLAPSO INEVITABLE

2.1. La visión metabólica del sistema humano:

El sistema humano o civilización se desarrolla en la biosfera de la cual además depende completamente. Desde una perspectiva en analogía con el metabolismo de un organismo, nuestra civilización necesita la entrada de materia y energía para alimentarse, e invariablemente éstas proceden de la biosfera. Y además, emitimos energía y materia de vuelta a la biosfera. Tanto las formas actuales de captar la energía y la materia, como los efectos de las emisiones de energía y materia que desechamos, generan problemas sobre la

biosfera. A su vez, el sistema humano ocupa ya tanto espacio dentro de la propia biosfera que, de nuevo, las funciones y procesos de la biosfera, que también pueden verse como un metabolismo orgánico, están disminuidas o perjudicadas. En este sentido, si consideramos ambos sistemas como organismos con uno depredando y perjudicando al otro, nuestra civilización sería análoga a un parásito o un cáncer de la biosfera. En la figura 2 podemos visualizar de forma simplificada éstas ideas.

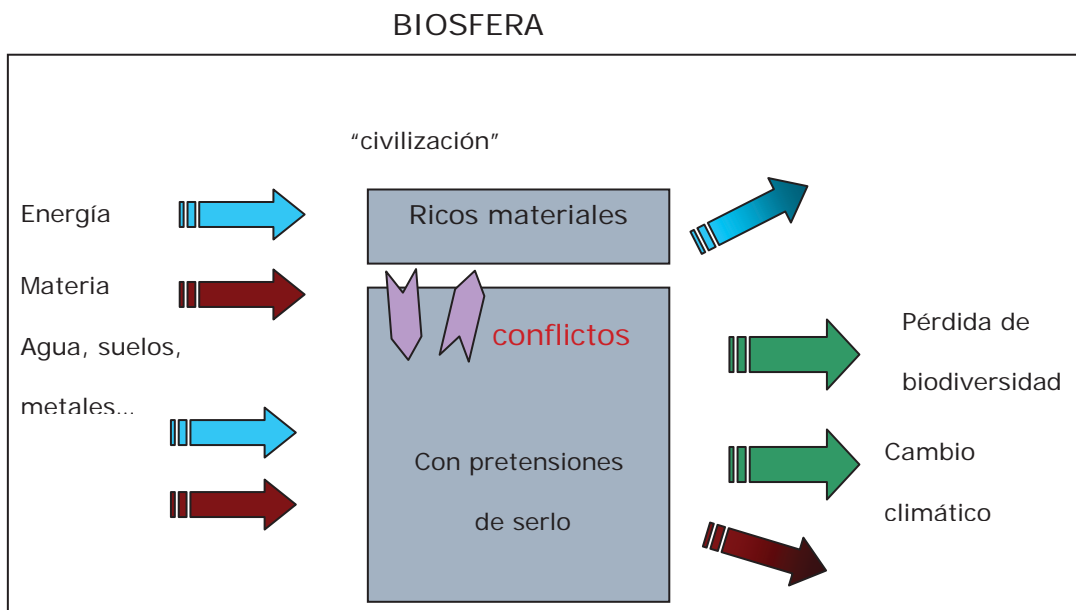
A su vez, las obvias y enormes desigualdades humanas dentro de la esfera humana generan conflictos internos entre los pueblos y personas ricas en lo material y aquella mayoría que tiene pretensiones de serlo.

analizaremos las razones de por qué el metabolismo humano actual nos conduce al colapso civilizatorio (por obesidad mórbida).

2.2. Crisis energético-económica

Algunos geólogos expertos en la exploración y extracción de petróleo llevan décadas advirtiendo de que el fin del petróleo barato se dará en las primeras dos décadas del presente siglo (Campbell y Laherrere 1998, Castro 2009, Castro et al. 2008, Castro et al. 2009). El petróleo no se puede explotar como si fuera una botella llena de agua en la que vamos vertiendo el agua según nuestras necesidades inclinando la botella más o menos hasta que la última gota se acabe.

Extraer petróleo es más parecido a extraer agua de una esponja empapada.



En la figura 2 vemos dos ejemplos significativos de los efectos del metabolismo humano sobre la biosfera: la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Junto con los problemas de acceso a la energía y la materia tendremos cuatro parámetros en los que

Vamos apretando la esponja y el agua va cayendo, más rápido cuanto más apretamos. Pero llega un momento que es inevitable que el chorro de agua comience a decrecer, apretemos con la fuerza que apretemos. Pues bien, esos mismos expertos que advirtieron de este simple

hecho, han calculado que antes del año 2015 la cantidad de petróleo convencional que extraeremos será cada vez menor (Castro et al. 2008, Castro et al. 2009, Campbell and Laherrere 1998, Turiel 2015). Es más, si la demanda de petróleo sigue creciendo, antes de esa fecha habría un desajuste entre ella y lo que las empresas del petróleo nos pueden ofrecer. Esto ocurriría en algún momento entre el año 2000 y el 2015.

Los economistas nos dicen que cuando la oferta disminuye relativamente a la demanda, los precios invariablemente suben, hasta que obligan a la demanda a ajustarse a la oferta posible.

¿Es esto lo que ha ocurrido?

5 años antes. Y esto afectó a todo lo demás.

En los años 2004 y 2005, visto cómo se había puesto el precio del petróleo, les preguntaron a muchos economistas de Estados Unidos por el precio que llevaría a una recesión a su economía (Annet 2005). Las respuestas oscilaron mucho, pero ninguno pensaba que la economía americana soportara precios muy por encima de los 90-100\$ el barril. Cosa que se superó a comienzos de 2008, llegándose en junio de ese año a los 148\$ el barril.

Debería ser pues evidente que algo tuvo que ver con la crisis económica que aún perdura.



Figura 3. Evolución mensual de los precios del petróleo crudo, de los alimentos, de los metales y del carbón australiano (datos extraídos del FMI).

Bien, en la figura 3 vemos como los precios del petróleo han ido cambiando en lo que llevamos de siglo XXI. El precio del petróleo se dispara, duplicándose su precio para el año 2005, y volviéndose a duplicar a comienzos del año 2008. En junio de 2008 el mundo pagaba un petróleo 5 veces más caro que

Pero la gráfica anterior es mucho más instructiva, pues observamos que el precio del petróleo y de los demás ítems van de la mano. ¿Por qué corren de forma casi idéntica? Porque las máquinas del mundo se mueven con petróleo, y son las máquinas las que extraen, transportan y procesan el resto de materias primas

energéticas y no energéticas, y son los metales y los plásticos que se extraen o fabrican con carbón y petróleo los materiales de que están hechas nuestras máquinas. Así que si sube el petróleo suben el resto de las energías. Y con la energía, sube el precio del resto de las materias primas. Y con la energía también sube el precio de los fertilizantes, y mucho, porque la fabricación de fertilizantes requiere muchísima energía. Y si sube la energía y los fertilizantes, sube el precio de los alimentos. Porque hemos montado un sistema agrícola y ganadero totalmente dependiente de fertilizantes, pesticidas y máquinas, máquinas movidas por petróleo. Y como, además, demandamos mucho petróleo, algunos países como Estados Unidos, Brasil y regiones como la Unión Europea, llevan años promocionando el cultivo de "biocombustibles". Cultivos que han terminado compitiendo con los cultivos alimentarios, haciendo que suba aún más el precio de los alimentos.

El precio de los alimentos subió espectacularmente entre finales del 2006 y junio de 2008 y otra vez entre 2009 y el 2015. Esto ha sido debido a la confluencia de varios factores que ya hemos señalado, a ellos se une desde hace unas décadas un cambio climático y un maltrato continuo a los suelos del mundo que tienden a empeorar cada vez más rápidamente las cosas.

El que en tan poco tiempo el precio de los alimentos se duplicara, significó un incremento del número de hambrientos en el mundo espectacular. Se pasó de alrededor de 800 millones de personas que padecían hambre a alrededor de 1000 millones, ¡en sólo el año y medio que va del 2007 a mediados del 2008! Esta fue

una catástrofe humanitaria que no deberíamos olvidar. Hoy (abril de 2016) la hambruna se cierne de nuevo sobre África, no por los precios de la energía, sino por el caos climático unido a un fuerte episodio de El Niño.

Y lo peor es que las crisis se realimentan unas a otras: los hambrientos tratan de escapar de su situación emigrando primero a las ciudades próximas, luego a los países ricos, y terminan siendo los primeros en engrosar las filas de parados de ambos mundos ante la crisis económica.

Y la propia crisis económica hace disminuir la demanda, esto incluye a la energía y el petróleo. Así que es lógico que los precios bajen porque al disminuir la demanda la oferta puede ajustarse más fácilmente a ella. La caída "a plomo" de los precios del petróleo, de la energía, y de todo lo demás tras la primera crisis energética del 2008 es signo de la crisis económica, y el intento de volver a la salida por vía del crecimiento económico hizo que se disparesen los precios del petróleo y del resto de materias primas hasta recientemente, en lo que parece el típico caso de la línea amarilla de la figura 1. Pero incluso en medio de la crisis económica los precios del petróleo no volvieron a los niveles típicos de comienzos de siglo, y ahora son casi el doble que a comienzos de siglo.

Así pues, la economía mundial y el petróleo están fuertemente unidos.

Por tanto, o rompemos muy rápidamente la relación entre crecimiento económico y demanda de petróleo o la oferta de este impedirá la salida de la crisis mundial económica durante los próximos años. Es

más, la desesperación por el petróleo que se produjo a partir del 2004-2005 llevó a los EEUU a un incremento de los biocombustibles y a la masificación de técnicas agresivas de extracción de petróleo y gas natural (el llamado fracking). El fracking no soporta precios por debajo de los 50\$ el barril por lo que se está deshaciendo como una burbuja que explota con resonancias financieras similares a las del 2008. Probablemente la ralentización de la economía mundial en 2015 dé paso a una nueva crisis económica mundial en 2016.

La tarea es hercúlea porque sustituir primero el descenso de oferta de petróleo, y para la próxima década de gas natural (también tiene su pico correspondiente de extracción posible máxima) por carbón o por técnicas globalizadas de fracking sería un suicidio climático (son mucho más contaminantes) y no es creíble ni posible que la nuclear y las renovables tomen el relevo. Por ejemplo, sustituir con biocombustibles el déficit de petróleo (demanda proyectada menos oferta posible) de ésta misma década supondría ocupar con los rendimientos netos actuales más de 500 millones de hectáreas (MHa)(Castro et al. 2014), lo que es inmoral y probablemente imposible (aunque en la actualidad estemos ya por los 100 MHa dedicadas a estos cultivos comparables ya a los 150MHa que aproximadamente cultivamos de arroz). Para sustituir el déficit de petróleo en la década de los 20 con nucleares supondría haber empezado a planificar desde antes del 2010 la construcción de 3000 centrales (ahora son unas 450). No se está haciendo y nadie sueña con esta posibilidad porque además, el uranio,

recurso también finito, aceleraría su pico atrayéndolo desde mediados del presente siglo a la década de los 20 o 30, haciendo que esas hipotéticas 3000 centrales no tuvieran una esperanza de vida superior a los 20-25 años y compitiendo además por un uranio cada vez más caro. Esto sin contar con la insolidaridad que supone una fuente de energía que disfruta una generación o dos humanas pero que deja residuos que vigilar para las siguientes 100 o más generaciones.

¿Y el resto de renovables? Sin duda estarán ahí pero éstas adolecen de límites físicos y ecológicos también. Además producen electricidad principalmente, que representa alrededor del 20% de nuestro consumo energético, por tanto antes habría que electrificarlo todo, lo que llevaría bastantes décadas. La energía del viento no nos proporcionará más energía del 6% (1TWe) de lo que hoy consumimos aunque tratemos de llenar el mundo de molinos (Castro et al. 2011). Y la solar eléctrica requiere mucho espacio y materiales en un mundo que va a competir por ellos (Castro et al.2013). Nuestras plantas actuales fotovoltaicas requerirían más de 300 millones de hectáreas para producir tanta energía como la que nos proporcionan ahora los combustibles fósiles, cuyas infraestructuras ocupan unas 7,5 millones de hectáreas (Smil 2008).

La solución aparente sería reducir voluntariamente el consumo de energía per cápita mundial intentando que esto suponga el menor sufrimiento de las economías, y esto a su vez exige que algunos países emergentes dejen de crecer en su consumo energético, dejar espacio de crecimiento a los países más pobres y bajar rapidísimamente el consumo

energético de los países más ricos. Imposible si no nos guiamos por los principios de equidad, fraternidad y solidaridad. Si no lo conseguimos, reduciremos igualmente nuestro consumo per cápita de energía, porque esto es ahora un imperativo físico. En ambos casos, se producirá, al menos durante las próximas décadas un descenso fuerte del consumo per cápita de energía, que por sí solo y dada la dependencia actual que tenemos puede desestabilizar la economía mundial y llevarla a una recesión duradera e incluso al colapso.

2.3. Caos Climático

El caos climático es el tema ecológico de moda, en parte quizás por sus graves consecuencias y en parte porque se tiende a visualizar como un problema de medio o largo plazo, y por tanto, una cuestión que parece resoluble.

Sin embargo, los modelos (IPCC 2007, IPCC 2013) que se suelen manejar, el llamado "consenso" del IPCC, son optimistas en cuanto a los efectos sobre el clima y las emisiones de gases en el pasado reciente y a corto plazo y exagerados a medio plazo en cuanto a las emisiones que podemos llegar a hacer. Los escenarios de emisiones contemplados en los informes del 2007 y del 2013 suelen partir de que no va a existir un problema de oferta de combustibles fósiles, que sabemos por los razonamientos del epígrafe anterior, no va a ser el caso. Por otro lado, aunque van mejorando los modelos de la respuesta climática y de sus consecuencias y aunque tienden a atrapar bien la tendencia observada en el clima

reciente, los modelos de "consenso" tienden a quedarse cortos, a ser optimistas en cuanto a los efectos climáticos. Además, las consecuencias sobre los ecosistemas y las sociedades humanas de nuevo han ido mostrándose según avanzan los estudios que son mayores de lo inicialmente esperado, hoy podríamos decir que un aumento de 4 o 5 grados sería suficiente para borrar del mapa el mundo natural y humano tal y como lo conocemos.

Pondré dos ejemplos suficientemente significativos que muestran que los modelos climáticos se suelen quedar cortos en sus previsiones.

El primero es la extensión de hielo marino en el polo norte. En la figura 4 podemos ver una comparativa entre la mayor parte de los modelos climáticos que hasta hace poco disponíamos (IPCC 2007 y 2013) y la realidad.

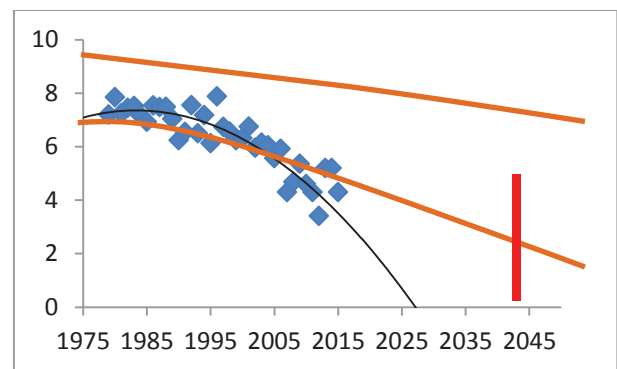


Figura 4. Comparación de la extensión del hielo (en millones de Km²) en el Ártico en septiembre (rombos azules) frente a la media y la desviación estándar de los modelos del IPCC 2007 (líneas naranjas (se representa la media +/- desviación estándar)). El rectángulo rojo representa en 2040 la variación de los distintos modelos/escenarios del IPCC2013. La línea continua que muere antes del 2030 representa un ajuste parabólico (sin sentido físico) a los datos reales elaborada en 2008. La simple extrapolación parabólica sigue dando mejores resultados que los modelos tras casi una década de observaciones y mejora de modelos. Elaborado a partir de Stroeve et al. (2007) y de nsidc.org/data/docs/noaa.

Es importante señalar que el hielo polar no solo es afectado por el caos climático sino que retroalimenta a éste. Es decir, si hay menos hielo en el polo norte, más radiación solar será absorbida en la zona (efecto albedo) generando más temperatura que tenderá a acelerar la pérdida de hielo, en una realimentación positiva (círculo vicioso).

Otro ejemplo lo vemos en la figura 5.

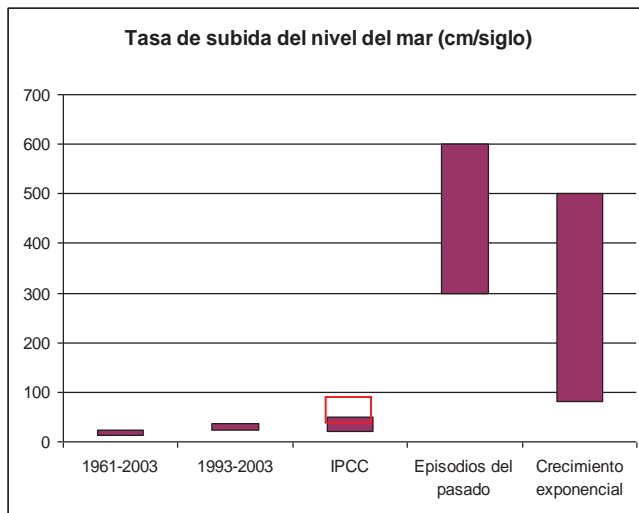


Figura 5. Tasa promedio de subida del nivel del mar medida y proyectada para el siglo XXI por el IPCC (2007) e IPCC (2013) (rectángulo rojo). Por analogías con acontecimientos pasados (Hansen et al. 2007) o suponiendo que el crecimiento anual en la tasa de subida sea exponencial (cálculos propios).

En la figura 5 vemos la subida de nivel del mar registrada y prevista por el IPCC en sus informes (2007 y 2013) con sus incertidumbres. Los modelos del IPCC conducen a tasas de subida del nivel del mar que estamos observando ya, sin embargo, se ha comprobado que ésta tasa aumenta con el tiempo. De hecho, si en vez de suponer que ésta tasa es aproximadamente constante, suponemos que es acelerada dando lugar a un crecimiento exponencial en vez de lineal (y los datos del pasado ajustan mejor a la primera función que a la segunda),

entonces la subida del nivel esperada sería mucho mayor que la contemplada por el IPCC (crecimiento exponencial). Otros estudios hablan como posibilidad superar el metro de subida del nivel del mar, simplemente extrapolando linealmente el crecimiento medido en las últimas décadas (Rahmstorf 2007), o de varios metros suponiendo un crecimiento exponencial en el deshielo de Groenlandia y del Antártico que ya se está midiendo (Hansen 2007, Hansen et al. 2013).

De nuevo, si para los modelos del IPCC "un incremento de 50 cm supondría que desastres naturales que ocurrían una vez por siglo se verían varias veces cada año". ¿Podemos imaginar entonces las consecuencias sobre las costas de una subida de 1 ó 2 metros? Por ahora no, porque las políticas de protección contra el cambio climático se hacen en el mejor de los casos en base a los peores escenarios del IPCC.

Cada vez hay más consenso científico (difícil de publicar como tal (Hansen 2016)) de que una subida de temperaturas de 2°C sería peligrosa para la humanidad y 3-4°C "desastrosa o catastrófica" (¿fin de la civilización?) (Hansen et al 2013, 2016). Limitar la subida a menos de 2°C es ya prácticamente una imposibilidad física sin cambios estructurales tan profundos que cambiarían radicalmente la civilización puesto que ya ha subido más de 1,5°C, quizás 2°C (Vilar 2016), y el sistema climático tiene una inercia elevada y no vamos a dejar de emitir mañana mismo. Sólo los escenarios más bajos del IPCC 2013 consiguen no superar los 3°C; sin embargo entre 2005 y 2015 la trayectoria real sigue la curva del escenario más alto de los principales

contemplados y superamos ya en un 15% las emisiones anuales que siguen las trayectorias más optimistas.

En cualquier caso, es importante señalar que el caos climático aunque por sí mismo puede conducir a un colapso de la civilización si es que los escenarios no optimistas se confirman, la influencia actual en la economía y en la alimentación ya es clara. La crisis alimentaria en África del año 2011 y del 2012 y la actual de 2016 se debe no solo a unos precios elevados de los alimentos, influidos por el precio del petróleo, los biocombustibles y los especuladores, sino que a esto se une una fuerte sequía en estos países. El caos climático empeorará estas situaciones.

2.4. Recursos naturales: Agua, suelo y minerales

Según el PNUD (2006), en el mundo había en el 2005 alrededor de 1000 millones de personas con problemas de acceso al agua. Pero este número podría incrementarse a más de 3500 millones de habitantes en tan solo 15 años, para pasar a ser un problema para el 60% de la humanidad en el año 2050.

Según el PNUD se necesitan acciones urgentes y profundas en éste tema si no queremos que desastres humanitarios y conflictos por el recurso se multipliquen. Un problema que se realimentará con los demás haciendo que sea más difícil cubrir la demanda de alimentos (el principal consumidor de agua es el regadío agrícola) y que los demás lo pueden empeorar (e.g. el caos climático o la falta de energía para mover y acceder al agua).

Otro recurso que escasea es el suelo.

En la siguiente tabla vemos reflejada las tendencias de algunos factores en el lado de la demanda y la oferta posible y sostenible según distintos autores (Castro 2009, Pimentel et al. 1999, Charleton y Pimentel 2010, Rockstrom et al. 2009):

<u>Tendencia de la demanda</u> (s. XXI)	<u>Oferta posible</u>
Protección de la biodiversidad (200MHa)	Sostenible (300-500MHa)
Degradación de tierras (300-500MHa)	Deforestación masiva (1500 MHa)
Alimentación (250-500MHa)	
Urbanización (200-300MHa)	
Nuevas energías renovables (50-350MHa)	
Cambio climático y otros problemas ambientales (150MHa-500MHa)	
TOTAL: 900-2300 MHa	

Tabla 1. Tendencias de la demanda de tierras y oferta posible para la segunda mitad del presente siglo. Elaboración propia a partir de diversas fuentes. La suma de las distintas demandas no es la total porque se pueden solapar, por ejemplo, parte de la urbanización puede hacerse con tierras que se van degradando.

El problema ligado a la competencia por el uso de suelos puede por sí solo conducirnos a un fuerte descenso de la población humana (colapso) y de forma sostenible a finales del siglo podríamos ser alrededor de 2000 millones de personas (Pimentel et al. 1999, Charleton y Pimentel 2010, Castro 2014). De nuevo, existen realimentaciones entre el suelo y los demás problemas, no solo porque se necesitará destinar muchas tierras a las fuentes de energía renovable y porque los problemas ambientales degradarán muchas otras, sino porque revertir esa degradación requiere, además de voluntad

política, inversiones económicas y energéticas en un mundo de escasez.

Existen problemas de acceso a recursos materiales no energéticos, en especial metales y tierras raras (plata, cobre, indio, neodimio, etc.) que también, como las fuentes de energía no renovable, tienen problemas de escasez a corto o medio plazo, llegándose también a sus correspondientes picos máximos de producción para luego descender en su extracción. Muchos de estos materiales son esenciales para la industria electrónica y energética (en especial las nuevas renovables). A decir de algunos autores (Valero y Valero 2011), este problema es uno de los más graves que vamos a enfrentar y requeriría la extensión y uso del reciclado a tasas muy elevadas. Pero de nuevo, este problema se realimenta con el problema energético, ya que las concentraciones minerales van disminuyendo en las minas y se requiere invertir más energía en su extracción al tiempo que un fuerte reciclado exige también mayor inversión energética y organización que las minas ricas en depósitos.

2.5. Biodiversidad

"La Biodiversidad: el tema más fundamental"

Así titulaba J. Lovejoy una conferencia ante la Academia australiana de Ciencias en 1994. Sin embargo, aún hoy, a pesar del Caos Climático y a pesar de la Crisis Energética, probablemente siga siendo el tema más importante y fundamental que enfrenta la humanidad. Para entender por qué digo esto nos vamos a situar en dos puntos de vista muy diferentes.

Primero el punto de vista humano.

Los ecosistemas nos prestan gratis una serie de servicios de los cuales no podemos prescindir y no tenemos tecnología para sustituir:

Nos proveen de materiales como agua potable, madera y leña, comida, medicinas...

Son hermosos (base del turismo rural y ecológico)

Eliminan contaminantes tanto del aire como del suelo y las aguas

Controlan inundaciones y sequías

Protegen de extremos climáticos

Secuestran el CO₂

Crean y regeneran los suelos

Reciclan los materiales que la propia vida utiliza (carbono, nitrógeno, fósforo...)

En definitiva:

Regulan y controlan el clima, la composición de la atmósfera y los suelos, la salinidad de los océanos, etc., de la Tierra; haciéndola apta para la vida humana (teoría Gaia –Castro 2008-).

Para que los ecosistemas funcionen correctamente y a todo rendimiento, necesitan una elevada biodiversidad. Además, cuanto mayor es la biodiversidad, en general mejores y más cantidad de esas funciones imprescindibles realizan.

Si se pierde biodiversidad, vamos perdiendo esas funciones, al principio poco a poco, y luego cada vez más rápidamente hasta que incluso el

ecosistema mismo colapsa y prácticamente desaparece –Castro 2004, 2008-.

Es decir, sin biodiversidad elevada, difícilmente puede existir el ser humano.

¿Qué está pasando con la biodiversidad?

Las personas estamos eliminando poblaciones animales y vegetales y extinguiendo especies quizás desde que inventamos el fuego, pero de una forma acelerada. Hasta el siglo XX las principales causas por las que extinguíamos especies han sido: la destrucción del hábitat por eliminación directa o por contaminación, la introducción de especies exóticas (especies que no son propias del ecosistema al que las llevamos) y la excesiva caza y recolección. En nuestro presente siglo los expertos prevén que se añadirá otra causa principal más: El Caos Climático.

Lo que debería asustarnos es que el ritmo de extinción de especies que estamos provocando se está acelerando muy rápidamente:

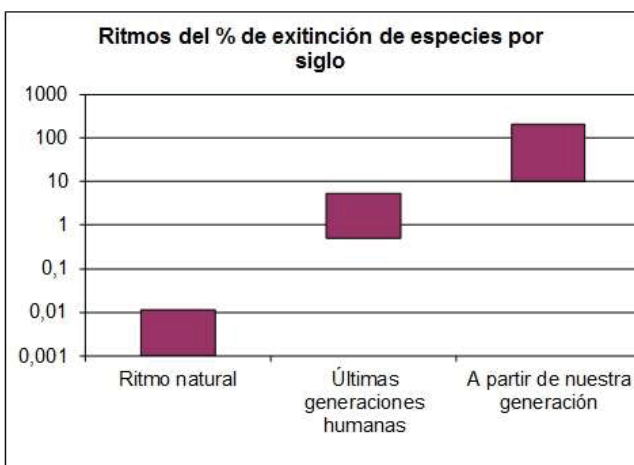


Figura 6. Los rectángulos representan la velocidad de extinción de especies teniendo en cuenta el grado de incertidumbre que tenemos en los cálculos. En el ritmo natural, hablamos de menos del 0,01% las especies que se extinguen en un siglo, a la vez, tienden a surgir por

evolución un porcentaje ligeramente mayor (la biodiversidad tiende a aumentar en la Tierra). El ser humano ha aumentado el ritmo de extinción hasta el siglo XX a aproximadamente un 5% cada 100 años. Pero durante el siglo XXI este ritmo puede llegar a ser hasta del 200% por siglo (GBO3, 2010).

En la figura 6 vemos cómo en los últimos siglos el ritmo de extinción natural de las especies lo hemos multiplicado por 1.000, es decir, de cada mil especies extinguidas, una lo ha hecho por causas naturales, 999 lo han hecho por nuestra culpa. Esto ha supuesto hasta ahora que se hayan perdido entre un 2 y un 15% de todas las especies que antes de la aparición del Homo sapiens existían (Castro 2004).

Pero los expertos nos dicen que el proceso de aceleración se incrementa (GBO3, 2010). Ahora, además que tenemos el caos climático, se va a empezar a multiplicar la tasa natural de extinción por 10.000, quizás por más de 100.000 veces la natural.

Si esto es así, entonces durante las próximas décadas llevaríamos tal velocidad que terminaríamos extinguiendo en un siglo o dos a ¡todas las especies!

Obviamente esto es imposible, antes de que eso ocurriera, los efectos acumulados sobre los ecosistemas (que generarán "sorpresas" y ecosistemas que irán colapsando) harían desaparecer la causa que provoca el desastre: nosotros.

Pero veamos un segundo punto de vista. Pongámonos en una escala temporal y espacial más amplia, seamos menos antropocéntricos mirando algo más lejos que nuestro propio ombligo.

En los últimos 500 millones de años ha habido 5 grandes extinciones masivas.

Ahora estamos en la 6ª gran extinción, y aquí no hay controversia científico-social, la causa de esta extinción en curso es humana.

Para la vida sobre la Tierra estamos resultando tan dañinos como el meteorito y/o los volcanes que extinguieron a los dinosaurios y con ellos a más de la mitad de las especies.

Démonos cuenta de lo que esto supone: nos hemos arrogado el derecho, principalmente la última decena de generaciones humanas, pero especialmente la última, la nuestra, de arrasar la red de vida de tal forma que distorsionaremos la evolución durante al menos doscientas mil generaciones humanas (la "humanidad" entera han sido menos de diez mil). Es decir, no sólo hemos eliminado el derecho a la existencia a muchas especies, hemos eliminado el derecho a disfrutar de un mundo rico en vida, en especies y en sus funciones plenas ¡a las próximas 200.000 generaciones humanas y su equivalente en seres vivos!

Yo me pregunto: ¿qué nos hemos creído que somos? ¿El centro de la Historia de la Tierra? ¿El centro de toda la Historia de la Humanidad?

No sé cómo pensarán nuestros tataranietos, pero si son capaces de emocionarse dentro de un bosque de robles, si son capaces de sentir la belleza de un ave rapaz en vuelo, si se siguen conectando de alguna manera con la belleza de la naturaleza, entonces, sin duda, nos maldecirán.

Hubo, hace 10 generaciones, árboles que midieron 140 metros de altura; si nuestra cultura (o las que vengan) no es capaz de

admirar, de sentir reverencia y amor por un ser vivo así y seguimos viéndolos como madera, estaremos sencillamente perdidos como especie.

3.- LA NECESIDAD DEL *GALARQUISMO*

El sistema humano tiene fuertes inercias al cambio como ha demostrado con su no reacción frente a los avisos dados por los científicos. Ante una crisis o un problema anunciado la primera reacción es la negación (por ejemplo con el caos climático, el tabaco, los asbestos, el plomo en la gasolina, el agujero de ozono, etc.), luego se buscan más causas y se olvidan las causas raíz y el resto de problemas (por ejemplo con la reacción a las crisis ecológica, energética, alimentaria y económica que anunciaba Ban Ki Moon en 2008 nos hemos centrado en la última y vemos solo causas y soluciones a esta última). Finalmente, cuando se quiera reconocer el problema, será demasiado tarde para evitarlo y las soluciones vendrán acompañadas inevitablemente con mucho sufrimiento humano y la necesidad de adaptación.

Dado que cualquiera de los problemas vistos (y no son los únicos) pueden conducirnos al colapso, dado que existe una realimentación entre los problemas de tal forma que las mejoras en uno pueden suponer empeorar otro o las tendencias negativas en uno aumentan las tendencias negativas en otro (sinergias) y dadas las inercias que acabamos de señalar que tiene el sistema humano al cambio, el colapso de nuestra civilización es ya inevitable y probablemente ya ha comenzado. Ya hemos chocado con el iceberg y ahora el problema es cómo salir

de un barco que se hunde. La conciencia real de esto lo cambiaría todo si se tomara.

Esas inercias al cambio hunden sus raíces en ciertos mitos y creencias fuertemente arraigados en nuestra civilización. De hecho, la razón última de que el colapso haya sido inevitable no son la conjunción de picos y descensos de los recursos energéticos y materiales junto con la pérdida de biodiversidad y funciones ecosistémicas, las crisis de contaminación y caos climático y el ascenso de desigualdad humana. La razón fundamental es que la mayoría de la población no quiere ver como posibilidad el colapso y sigue sin verlo a pesar de que ya ha comenzado porque nuestra civilización nos ancla culturalmente en ciertos mitos y creencias. Entre ellos están ideas que comienzan al menos con la antigua civilización griega, que se refuerzan en el Renacimiento europeo y la Modernidad y que tienen su apogeo en la actualidad. Nos referimos a los mitos del progreso humano (referido este al progreso tecnológico), al triunfo de las metáforas científicas del mecanicismo y el reduccionismo (que cosifican la Naturaleza, hasta el punto de que un cambio en un gen te permite hacerte dueño de una variedad de un ser vivo), al arrinconamiento y perversión espiritual de las religiones que nacieron en un contexto de lucha por la equidad y la justicia humanas (¡no matarás! ¡la usura es pecado!), etc..

La Historia es necesaria para comprender no solo nuestro presente, sino por qué nuestro inmediato futuro es de fin de esta civilización.

Durante el nacimiento de las grandes religiones (desde Zoroastro -800 a.C, hasta Mahoma 600 d.C) se dan grandes imperios en un eje que abarca desde Europa hasta China. En esos imperios agresivos y esclavistas surgen resistencias por parte de líderes espirituales. Las revoluciones espirituales que ocurren se basan todas en el amor al prójimo. Pero este es visto como el amor a tu igual (normalmente el prójimo se identifica con alguien de tu comunidad o cultura o religión), y ese igual es otro hombre.

No son mujeres las profetas, no son el resto de seres vivos el objeto de amor. Por supuesto hay ideas de compasión hacia la naturaleza no masculina, pero o no triunfan (Mahavirá, Pitágoras, Lao-Tsé) o son pervertidas por las élites en el poder (los Borgia son un ejemplo perfecto).

Los mitos griegos son una representación del triunfo de la inteligencia racional "masculina" en contraposición a la inteligencia emocional y espiritual "femenina". Los dioses son llevados al Olimpo y se les pide la mínima intervención, porque los hombres se sienten poderosos (el mito del progreso tecnológico), incluso a pesar de los miedos (Ícaro).

Cuando van colapsando los distintos imperios tiende a resurgir la equidad entre humanos y el respeto a la naturaleza (e.g. desde la primera edad media europea hasta los *Carmina Burana*).

Más adelante surge en Europa el llamado Renacimiento que nos abrirá las vías del capitalismo como organización socio-económica, del protestantismo (donde se arrincona a la mujer de nuevo, donde se

promociona la usura y la riqueza individual), de la tecno-ciencia mecanicista que quiere dominar y conquistar el mundo y el universo entero (Bacon, Descartes). La Modernidad y la Revolución industrial profundizarán los mitos e ideologías.

Las reacciones ante las nuevas injusticias y desigualdades serán esta vez con carga más socio-económica que espiritual-religiosa. Marxismo y anarquismo, sufragismo, luddismo, etc. surgen en el siglo XIX porque el embate es máximo. La Ilustración y la Revolución francesa y americana son ambivalentes. Sólo el romanticismo parece defender emocionalmente la naturaleza, pero este deriva muchas veces en nacionalismos excluyentes o en una idealización del amor a la mujer no carente de machismo.

No es hasta el siglo XX cuando comienza con relativa fuerza la defensa de la naturaleza no humana, pero casi siempre sólo en el ámbito racional. Los movimientos ecologistas son sociales y humanistas. Los ecosistemas se defienden por el bien de la humanidad, no por su propio bien. Si bien es cierto que buena parte de las personas en esos movimientos ponen su inteligencia emocional también a trabajar.

Los ecologistas de entonces y muchos actualmente midieron y miden mal la interacción entre las tecnologías "ecológicas" y su relación con nuestra civilización. Se imaginaron que pequeños molinos eólicos, paneles solares en nuestros tejados de casas bioclimáticas y huertas ecológicas, cambiarían el mundo proporcionando, además, más libertad, más equidad y más necesidades humanas cubiertas a escala global mientras los

ecosistemas y la biosfera se recuperaban. Ese mundo no llegó y los molinos se convirtieron en gigantes de 5 MW anclados en el mar, parques fotovoltaicos que ocupan hectáreas donde antes había tierras de cultivo, naranjas ecológicas murcianas que dan la vuelta al mundo... mientras la desigualdad humana sigue en aumento.

Gandhi quizás sería el equivalente a Zoroastro como un líder espiritual de la nueva etapa que anuncia el fin de la civilización de turno. Solo que, esta vez, nuestra civilización es global.

Otros líderes espirituales siguen despistados respecto a la inviabilidad de nuestra civilización post-industrial. Siguen anclados en la imprescindible defensa del ser humano y de la equidad humana.

Las religiones de la primera época axial ya no sirven en el final de la segunda época axial que nace en el Renacimiento.

Es cierto que el Papa Francisco con su *Laudato Si'* (Francisco 2015), ha "evolucionado" el pensamiento cristiano hasta el punto de que una buena parte de sus seguidores católicos no son capaces de seguirlo y hasta el punto de que los cristianos de la tradición luterana y calvinista lo atacan (especialmente en EEUU).

Al igual que el mundo no está preparado para los anuncios de colapso civilizatorio de los científicos, tampoco lo está para un líder espiritual "ecologista", ni siquiera en una religión tan jerarquizada.

Laudato Si' era necesario, pero es insuficiente y llega tarde (el colapso es inevitable, no lo olvidemos). No sólo tiene en frente de él, como reconoce, una

visión del mundo mecanicista y una fe ciega en el progreso tecno-científico (es en realidad ésta última la religión, que paradójicamente se niega a sí misma, la que tiene a la mayoría de la población humana como creyente); fe ciega que no se combate ya (hasta se pide perdón por haber "negado" a Darwin). Es que, además, en *Laudato Si'*, su defensa de la naturaleza sigue sin despojarse de algunos mitos que hemos creado en milenios, en especial del excesivo antropocentrismo. Es difícil que una religión (al igual que el resto de las mayoritarias), que pone al servicio del ser humano al resto de la naturaleza ("dominad la Tierra" dice el Antiguo Testamento que siguen judíos, cristianos y musulmanes), pueda contradecirse tanto. Ni Moisés, ni Buda, ni Cristo, ni Mahoma se preocupaban por la deforestación de su época en sus zonas (y existía), ni por el derecho de los animales a no sufrir, ni siquiera se preocupaban en demasía por la igualdad de género.

Son quizás las religiones orientales las más sensibles al resto de la naturaleza no humana. Son ellas quizás las que están permeando la civilización occidental (yoga, budismo, taoísmo y tantos otros "movimientos" que siguen creciendo "occidentransformados" a nuestro alrededor europeo o norteamericano) precisamente porque a Occidente y su Odisea (Pigem 1994, 2013) les sigue faltando una filosofía, espiritualidad y religión más intrínsecamente unidas a la biosfera.

La visión de la biosfera como un organismo (Gaia) es algo consustancial a la mayoría de las culturas y civilizaciones del pasado; hasta la Modernidad de nuestra civilización que ve surgir la visión

del mundo máquina como metáfora alternativa no se cambia esta visión.

Sin cambiar nuestros mitos y creencias no podemos transformar la civilización presente a una sostenible. Y como ya es tarde para salvarla, lo único que nos queda es precisamente generar durante el colapso y transición nuevos mitos y creencias, nuevas espiritualidades y religiones que tengan un doble papel: que sirvan de adaptación a las décadas de colapso y que sirvan de adaptación a la sostenibilidad de las futuras civilizaciones.

En ese sentido defiendo que un "gaiarquismo" es imprescindible. Primero porque su visión no desprecia ninguna de las inteligencias humanas de las que hemos hablado. El gaiarquismo generará mitos emocionales y espirituales, elevando a lo sagrado a los árboles (Abella 1996, 2007, 2011), a los bosques, a la biosfera en su conjunto (es decir, Gaia –Castro 2008, Aerlín 2011-). Así, necesitamos una cultura que vea como virtud plantar árboles (y como terrible maldad deforestar), que defienda el derecho a los animales a tener una vida digna (desde el ecologismo o desde el animalismo también), que sienta y se emocione con la naturaleza "virgen" hasta el punto de que sea ridículo tener que "protegerla" de nosotros mismos vía parques y reservas naturales; donde las emociones y sentimientos que inspiraron a Beethoven y su 6ª sinfonía dejen de ser una anécdota de un genio del arte; una cultura así es necesaria porque además el gaiarquismo tendrá una fuerte componente de inteligencia racional y ciencia holista.

Así, la teoría científica de que Gaia es un organismo cambia radicalmente nuestro

lugar en el mundo. No sólo la teoría del Big Bang nos descentró espacial y temporalmente del Universo (algo que obviamente no ha calado en la cultura y el alma de la gente: disonancia cognitiva con la que vivimos), sino que el hecho de que seamos parte de un organismo mayor evolutivo y en el que sus partes (especies) evolucionan, genera, además de una comprensión cabal de qué somos y de dónde venimos, una intuición de qué deberíamos ser (una parte integrada en Gaia). Gaia representa una lección de humildad frente al mito del progreso tecnológico generador de ansias de dominio y conquista.

Un árbol, por ejemplo, incluso desde nuestros mitos de reducción mecanicista, es una máquina de una eficiencia y capacidad a años luz de lo que el mejor ingeniero podría soñar. Un árbol absorbe una pequeña parte de la energía incidente para fijar el disperso CO₂ en su propia estructura, participando en el ciclo del carbono, donde éste se recicla a tasas de más del 99,5% (nuestra civilización no recicla nada a escala amplia por encima del 50%). Además, usa la mayor parte de la energía incidente para participar en el ciclo del agua de Gaia, con lo que, además, sube los nutrientes que necesita desde el suelo (al que contribuye a formarse y enriquecerse) hasta las ramas y las hojas. Esta "máquina" es capaz de autorrepararse y resistir tormentas que pocas estructuras humanas resisten, es capaz de sobrevivir, si así se le requiere, durante miles de años, y es capaz de generar un bosque y de alimentar a humanos y animales. Debajo de él hay un microclima cuya sombra es más eficiente para enfriar el suelo de nuestras ciudades que nuestros mejores "aires

acondicionados". La pregunta es: ¿cómo no hacer sagrado a *alguien* así? Bajo una gran secuoya, un gran ginkgo, un gran cedro o un gran roble, cada vez somos más los que sentimos un deseo casi irrefrenable de abrazar(los).

Durante el colapso es urgente ir a los botes salvavidas, durante el colapso desaparecerán la mayoría de nuestras tecnologías y tendremos que recurrir a las de Gaia, que eran desde siempre más eficientes, pero ahora serán casi las únicas a las que recurrir. Así que la permacultura y otros ensayos de gentes "visionarias" formarán parte de los nuevos mitos y cultura. Necesitamos urgentemente hacer plantaciones masivas de árboles que ayuden a reconstruir los ecosistemas dañados a la vez que nos proporcionan la flotabilidad necesaria (son los botes vivos del Titanic).

El nuevo paradigma que se abre desde el fin del siglo XX pasado es el de supervivencia. Gaia no tiene botes para 7000 millones de humanos, quizás ni siquiera para 2000 millones viviendo con una mínima dignidad. Así que las nuevas construcciones éticas y espirituales deben también basarse en este imperativo biofísico. La equidad y la justicia humanas son imperativos éticos obvios, pero también lo son el bienestar y la justicia para con Gaia, no porque sea una diosa madre que nos amamante, sino porque es un organismo sagrado del que nosotros somos una pequeña parte, prescindible, pero quizás interesante.

4.- BIBLIOGRAFÍA

- Abella, I. 1996: La magia de los árboles. Integral.
- Abella, I. 2007: La memoria del bosque. Integral.
- Abella, I. 2012: El gran árbol de la humanidad. Integral.
- Aerlín, E. 2011. El Oráculo de Gaia. Bubok.
- Ban Ki Moon, 2008: conferencia de apertura de la 63ª Asamblea General de las Naciones Unidas.
- Campbell CJ and JH Laherrere 1998: "The end of cheap oil". Scientific American". March 1998. 78-83
- Castro C. 2004: "Ecología y desarrollo humano sostenible". Ed. Universidad de Valladolid
- Castro C. 2008: "El origen de Gaia: una teoría holista de la evolución". Ed. ABECEDARIO
- Castro C. 2009: "Escenarios de energía-economía mundiales con modelos de dinámica de sistemas". Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- Castro C. 2014: www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2624
- Castro C. et al. 2008: "World energy-economy scenarios with system dynamics modelling" VII annual international ASPO conference. Oct. 20-21. Barcelona. Spain.
- Castro C. et al. 2009: "The role of non conventional oil in the attenuation of peak oil". Energy Policy 37, 1825-1833.
- Castro C. et al. 2011: Global wind power potencial: physical and technological limits. Energy Policy. Doi:10.1016/j.enpol.2011.06.027
- Castro C. et al. 2013: Global solar electric potential: A review of their technical and sustainable limits. Renewable and sustainable energy reviews. 28, 824-835
- Castro C. et al. 2014: A top-down approach to assess physical and ecological limits of biofuels. Energy 64, 506-512
- Charleton S. and D. Pimentel, 2010: "Population crash: prospects for famine in the twenty-first century". Environ Dev Sustain (2010) 12:245–262
- Diamond J. 2006: "Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen". Ed. Debate.
- Francisco, P. 2015. Laudato Si?. Vaticano.
- GBO3, 2010. Global Biodiversity Outlook 3: Biodiversity scenarios and tipping points of global importance: gbo3.cdb.int/resources.aspx
- Goodwin, L. 2010. <http://globalwarming12.com/poll-most-republicans-don%E2%80%99t-believe-in-climate-change> (acceso en diciembre de 2010)
- Hansen J, Sato M, Kharecha P, Russell G, Lea D W and Siddall M 2007 Climate change and trace gases Phil. Trans. R. Soc. A at press, doi:10.1098/rsta.2007.2052
- Hansen, J, 2007. Scientific reticence and sea level rise Environ. Res. Lett. 2 (April-June 2007) 024002 doi:10.1088/1748-9326/2/2/024002
- Hansen J. et al. 2013. Assessing "dangerous climate change". PLOS ONE. 8(12): e81648. doi:10.1371/journal.pone.0081648
- Hansen, J. 2016. Dangerous scientific reticence. <http://csas.ci.columbia.edu/2016/03/24/dangerous-scientific-reticence/>
- IPCC 2007: Intergovernmental Panel on climate change 2007: "Climate Change 2007: Forth Assessment report (AR4): www.ipcc.ch
- IPCC 2013: "Climate Change 2013: Fifth assessment report (AR5): www.ipcc.ch
- Meadows et al. 1972: Dynamics of Growth in a finite World. Cambridge.
- Pigem, J. 1994: La Odisea de Occidente. Kairos.
- Pigem, J. 2013: La nueva realidad. Kairos.
- Pimentel D. et al. 1999: "Will limits of the earth's resources control human numbers?". Environment, Development and Sustainability, (1): 19-39, 1999

PNUD 2006: Human development report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. Informe de desarrollo humano 2006 Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua

Rahmstorf S 2007 A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise Science 315 368–70

Rockstrom J. et al., 2009: "Planetary boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity" Ecology and Society 14(2): 32.

Smil V., 2008. Energy in nature and society: general energetics of complex systems. The MIT Press. Cambridge. Pp.383.

Stroeve, J., et al. (2007), Arctic sea ice decline: Faster than forecast, Geophys. Res. Lett., 34, L09501, doi:10.1029/2007GL029703

Turiel, A. 2015:
<http://crashoil.blogspot.com.es/2015/12/el-ocaso-del-petroleo-edicion-de-2015.html>

UCS, 1992: "World scientists' Warning to Humanity": www.ucsusa.org/about/1992-world-scientists.html

UCS, 1997: "Call for action at the Kyoto Climate Summit":
www.ucsusa.org/global_warming/solutions/big_picture_solutions/world-scientists-call-for.html

Valero A. y A. Valero. A prediction of the exergy loss of the world's mineral reserves in the 21st century. Energy 2011;36:1848-1854

Vilar, F. 2016:
<https://ustednoselocree.com/2016/03/13/estado-de-alarma-climatica-se-han-superado-los-2c/>

