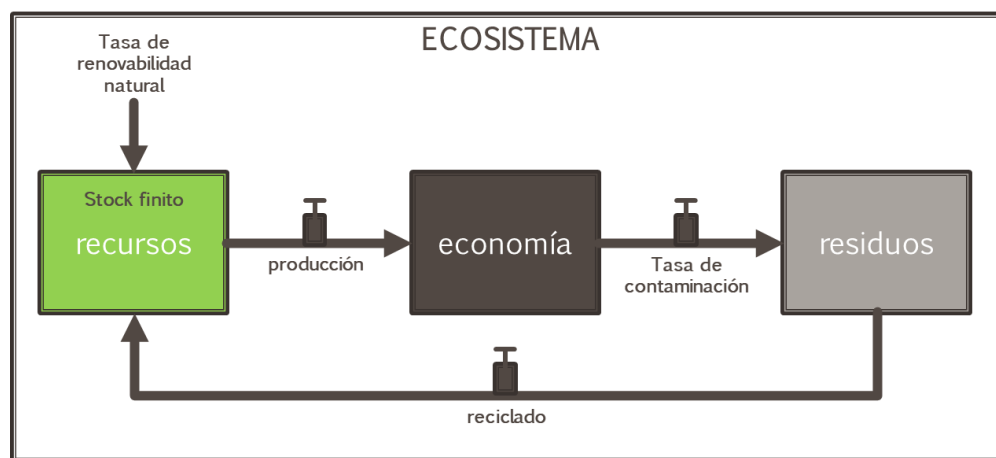


CAPÍTULO VIII - CONSECUENCIAS ECOSOCIALES DEL SOBREGIRO ECOLÓGICO



La falta de reconocimiento de la existencia de límites naturales para el crecimiento ha motorizado el surgimiento de tres dinámicas disruptivas e interrelacionadas: *el obligado abandono del modelo energético fosilista; el cambio climático global y la pérdida de los componentes de la diversidad biológica.*

Con el objeto de ayudarnos a la comprensión de tales dinámicas se propone aquí el siguiente modelo simplificado de funcionamiento de la economía.

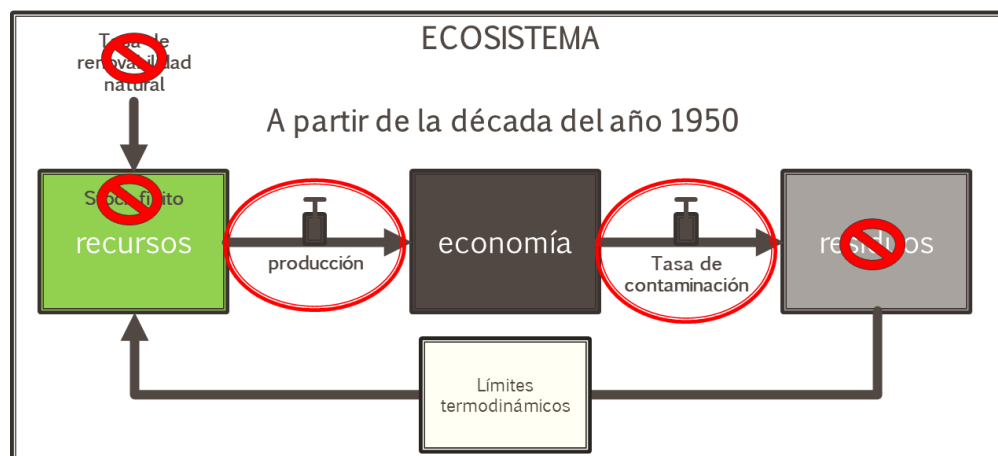


Elaboración propia

En este modelo, la economía recibe/toma de los ecosistemas los recursos naturales que requiere la producción. El mantenimiento del *stock* finito de recursos depende de las tasas de renovabilidad de tales recursos, algunas de las cuales, por su ritmo temporal, permiten un aprovechamiento sostenible, en tanto que otras por su extrema lentitud los califican en la categoría de “no renovables”.

En el otro extremo, la economía vierte a los ecosistemas -a diferentes tasas de contaminación- los residuos originados en su sistema de producción y consumo. Una parte de dichos residuos puede retornar como recursos a una determinada tasa de reciclado.

A partir de la década de 1950, con el advenimiento de la sociedad de consumo, la producción de bienes y servicios adquirió un crecimiento exponencial al igual que las tasas de contaminación, acelerando el agotamiento de recursos, impactando negativamente sobre las tasas de renovabilidad natural y comenzando a saturar los sumideros naturales, a la par que -gradualmente- se comenzaron a manifestar los límites termodinámicos al reciclaje.

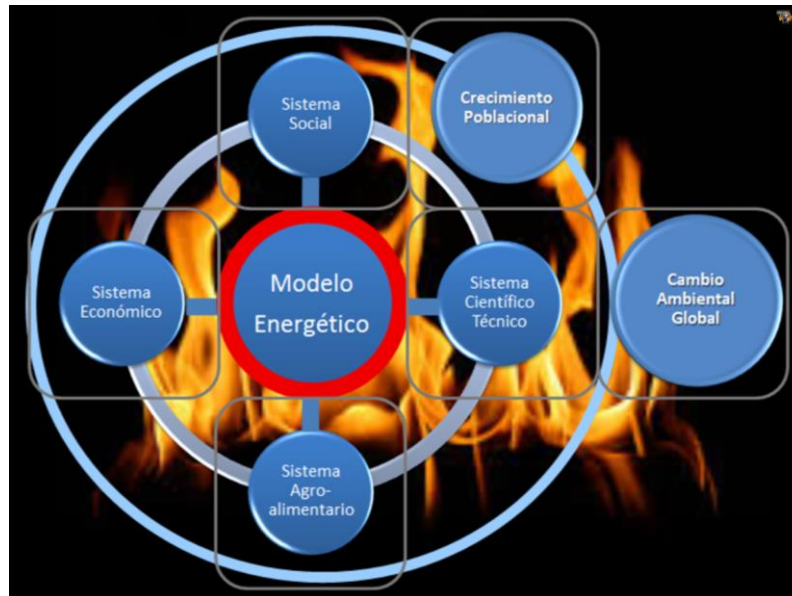


Elaboración propia

Es dentro de este esquema simplificado que, motorizadas por la razón productivista, se originan las dinámicas disruptivas arriba mencionadas, que a continuación analizaremos en detalle.

El obligado abandono del modelo energético fosilista

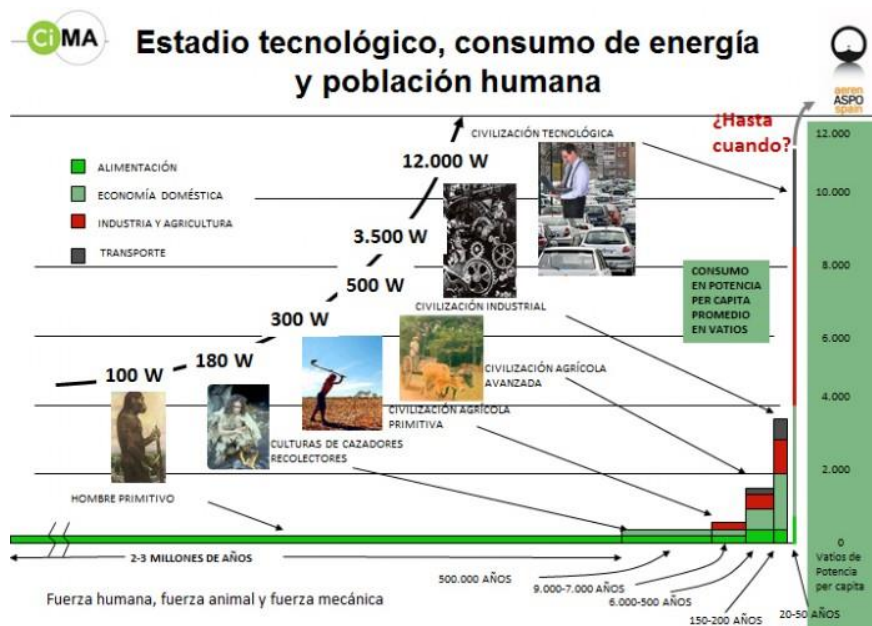
El modo en el que los humanos aprovechamos las fuentes de energía disponibles para satisfacer nuestras necesidades esenciales, nuestro *modelo energético*, resulta un factor central en el proceso de configuración de las sociedades humanas. La manera en que se estructuran y desarrollan nuestros sistemas económicos, sociales, agroalimentarios e incluso, el propio sistema científico-técnico se relacionan estrechamente con el modelo energético imperante. En conjunto son ellos los que influyen sobre nuestro crecimiento poblacional y son los que determinan el nivel del impacto que - inevitablemente - generamos en el ambiente.



A lo largo de la evolución humana se pueden identificar seis modelos energéticos diferentes, cada uno de los cuales se ha mantenido mientras han podido dar satisfacción a las necesidades básicas de las sociedades y cuando dejaron de hacerlo, sobrevinieron profundos cambios socioeconómicos asociados a los correspondientes cambios de modelos energéticos.

El primer modelo energético fue el “preagrícola” que se extendió por más de 1,5 millones de años y se basó en el fuego y la tracción a sangre humana como fuentes de energía. A este modelo le siguió el modelo “agrícola” cuando, hace aproximadamente 12.000 años, los humanos dejan su rol de cazadores y recolectores para pasar a ser pastores y -agricultores. Al fuego y la tracción a sangre humana, se le agregan como fuente energética la tracción a sangre animal y un incipiente uso del viento en la navegación a vela. El tercer modelo energético es el “agrícola avanzado” que emerge cuando, a las fuentes energéticas hasta allí empleadas se le suma un uso intensivo de la madera. El cuarto modelo energético es el “preindustrial” que emerge con los molinos hidráulicos y los de viento. Es de hacer notar que, estos cuatro modelos condujeron a organizaciones sociales ligadas a la tierra y sus límites, en las cuales, el crecimiento de la población se mantenía en un equilibrio dinámico con los limitados recursos energéticos disponibles.

Fue la sustitución de dos fuentes energéticas primarias - gratuitas y de uso libre - como el agua y el viento, por otra fuente objeto de comercialización, como el carbón mineral, la que inaugura el quinto modelo energético al que se lo conoce como “industrial”. Con el redescubrimiento y el empleo masivo del carbón mineral se desata la “Primera Revolución Industrial” o mejor, la *primera transición termo-industrial* y se comienzan a usar máquinas y a crecer en población y en producción. La irrupción del petróleo inauguró el sexto modelo energético conocido como “industrial avanzado” que es el que da forma y estructura al mundo en el que vivimos.



Desde el Neolítico hasta la Primera Revolución Industrial, la producción de energía por persona y por año promedió 0,5 barriles de equivalente petróleo (BEP), pero a partir de la Primera Revolución Industrial ese valor trepó exponencialmente hasta alcanzar 12 BEP/persona/año. Un salto gigantesco, único e irrepetible, a partir del que nos convertimos en una “sociedad fosilista”.



Han sido los combustibles fósiles, los que hicieron posible el nacimiento y desarrollo de la sociedad industrial; los que nos colocaron en la senda del crecimiento exponencial de la economía, de la población y también del deterioro ambiental.

El consumo de combustibles fósiles ha aumentado significativamente en el último medio siglo, alrededor de ocho veces desde 1950, y aproximadamente el doble desde 1980.¹

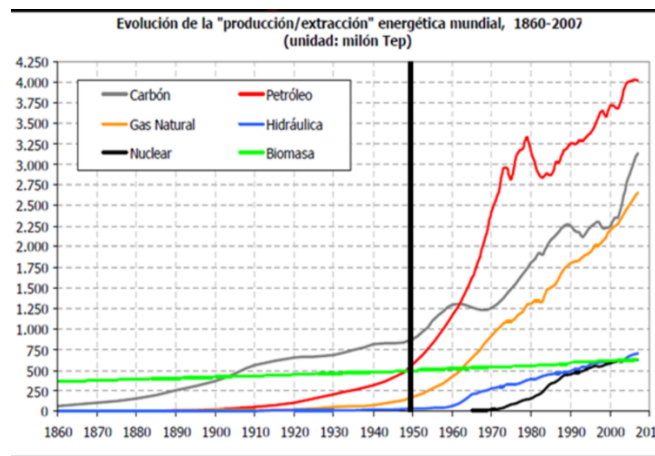


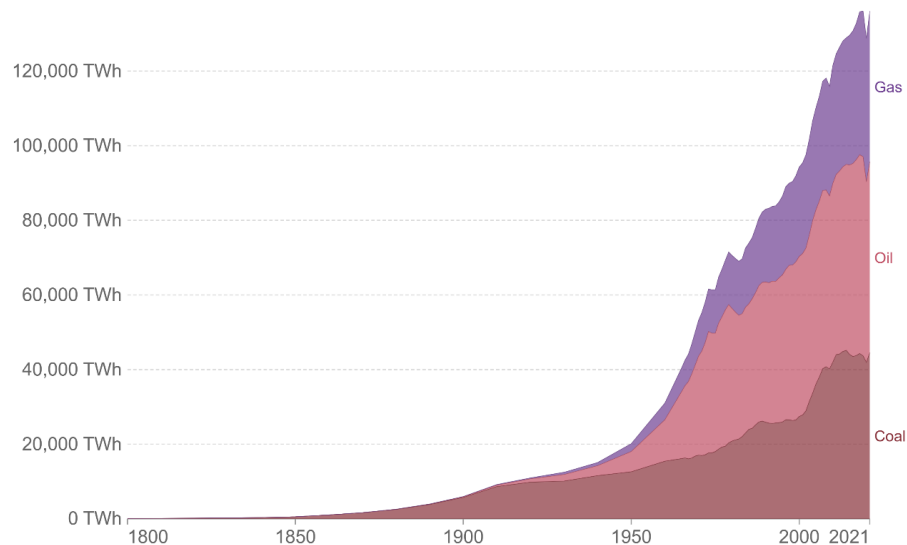
Figura 1
Fuente: Iván Murray (2009)

En el siguiente gráfico se puede ver cómo ha crecido desde 1800 el consumo global de combustibles fósiles desglosado por carbón, petróleo y gas.

Global fossil fuel consumption

Global primary energy consumption by fossil fuel source, measured in terawatt-hours (TWh).

Our World
in Data

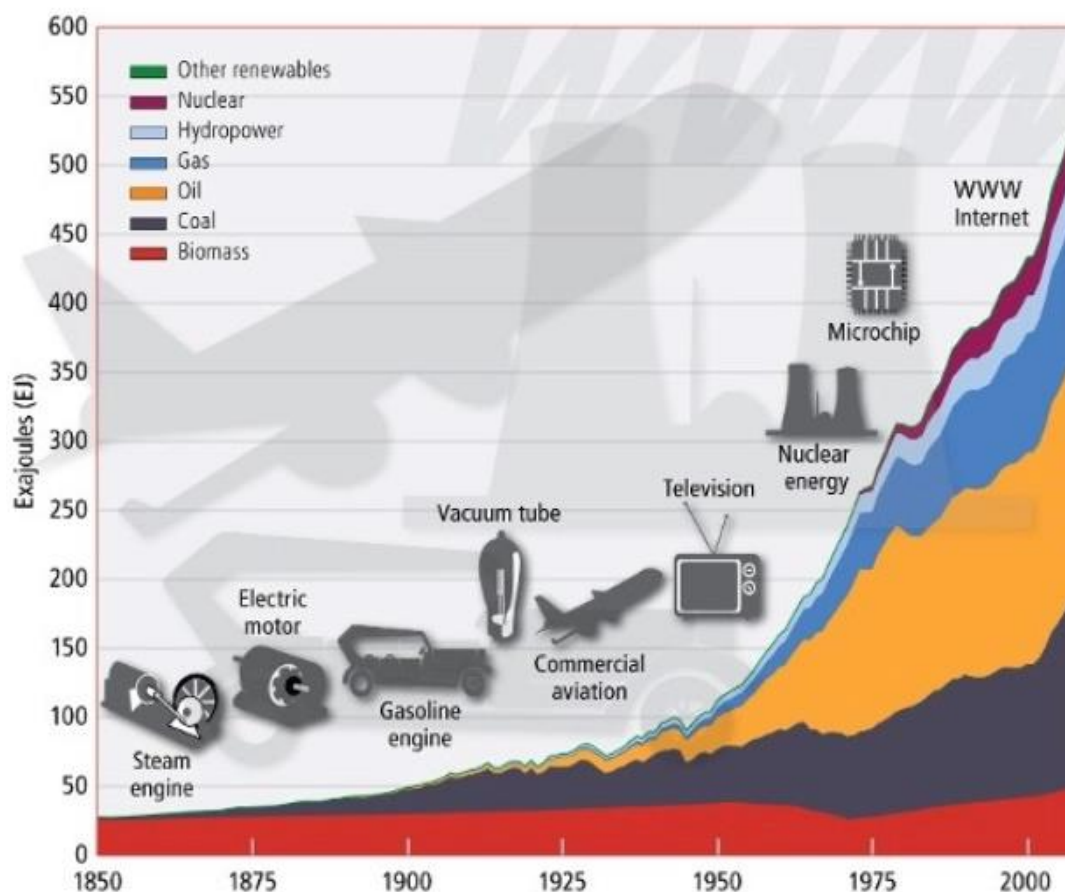


Source: Our World in Data based on Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy
OurWorldInData.org/fossil-fuels/ • CC BY

¹ Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2022) - "Energy". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/energy>' [Online Resource]

Los datos anteriores a 1965, provienen del trabajo de Vaclav Smil,² sobre las transiciones energéticas; esto se ha combinado con los datos publicados en *BP's Statistical Review of World Energy* desde 1965 en adelante.

En cuanto al uso mundial de energía primaria desde 1850 discriminado por fuentes su evolución puede verse en el siguiente gráfico.



Fuente: <http://www.iiasa.ac.at/>

A nivel mundial, en 2019, alrededor del 84% de la energía primaria provino del carbón, el petróleo y el gas.

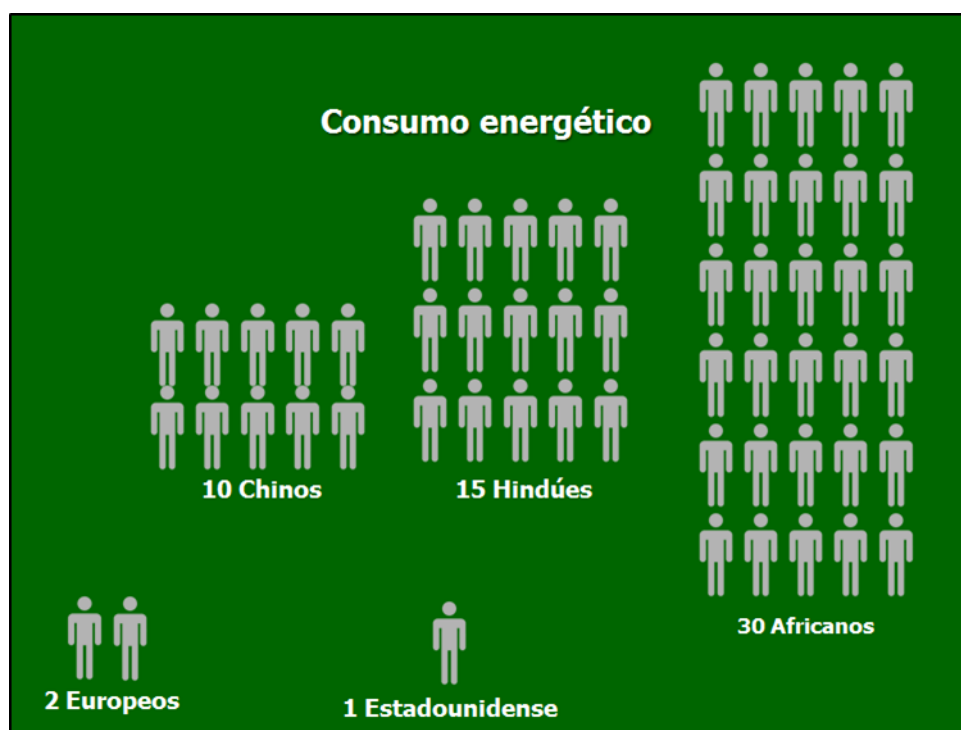
A nivel global los mayores consumidores utilizan mucho más cantidad de energía fósil que algunos de los consumidores más pequeños así, por ejemplo, mientras el consumo de energía de los combustibles fósiles alcanzó en 2021 en China 36.223 TWh; para el mismo año, el consumo en Ecuador fue de 143 TWh. Si medimos el consumo *per cápita* de

² Vaclav Smil (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives*, documento electrónico: <http://vaclavsmil.com/2016/12/14/energy-transitions-global-and-national-perspectives-second-expanded-and-updated-edition/>

combustibles fósiles tenemos que, mientras en Estados Unidos, para 2021, ese consumo fue de 62.365 kWh; en la India fue de 6262 kWh.

Cada habitante de los EE. UU. y Canadá consume, en promedio, casi 120 veces más de lo que metabólicamente necesitarían para vivir. Japón y la Unión Europea de los 15 consumen 60 veces más de lo que metabólicamente necesitarían. El promedio mundial de consumo de energía se sitúa en los 2.200 vatios por habitante

Consumo energético comparado



Riechmann,³ sostiene que:

el petróleo, ese caramelo fósil a la puerta de un colegio, era un regalo envenenado... Estructuró la economía y la sociedad del siglo XX... con resultados a la postre desastrosos... Como el regalo excesivo que se entrega a un niño pequeño, y que lo malcría, hemos sido incapaces de gestionar adecuadamente esa preciosa herencia fósil... Una riqueza dilapidada que nos echó a perder.

A renglón seguido, Riechmann destaca *la sabia admonición de Lewis Mumford*.⁴

³ Riechmann, J. (2009). *La habitación de Pascal. Ensayos para fundamentar éticas de suficiencia y políticas de autocontención*. Los Libros de la Catarata, Madrid,

Nos encontramos, pues, en uno de esos momentos en los que es útil recordar la sabiduría popular de los cuentos de hadas antes de que convirtamos el último regalo de la ciencia en un relato de horror. Cuando en esos relatos algún deseo humano profundamente arraigado se ve satisfecho por la magia, existe habitualmente alguna trampa fatal unida al regalo, trampa que bien hace que tal regalo actúe justo en sentido opuesto a lo esperado, bien le quita al receptor el beneficio prometido.

Si bien existen condiciones objetivas que insinúan el ocaso de nuestro modelo industrial avanzado, aun no se hace presente una extendida conciencia social sobre la necesidad de cambiar nuestros horizontes energéticos. Esta convivencia entre la madurez de las condiciones objetivas y la inmadurez de las condiciones subjetivas es la que define al actual, como un periodo de transición energética.

Detengámonos entonces para analizar algunos elementos de juicio e información concreta que nos hacen pensar que nos dirigimos hacia el abandono del actual modelo energético fosilista.

Las negociaciones sobre el cambio climático

El descomunal ritmo en el uso de los combustibles fósiles queda bien ejemplificado si pensamos que el proceso de captura del carbono atmosférico - que quedó depositado en el carbón, el petróleo y el gas natural - insumió cientos de millones de años; y que las sociedades industriales, al quemarlos, apenas están empleando 300 años para devolverlo a la atmósfera. Se trata de un forzamiento brutal de los tiempos de la biosfera que, entre otras consecuencias, ha definido un cambio climático potencialmente catastrófico.

En las negociaciones que se desarrollan en la *Convención sobre Cambio Climático* se ha avanzado en la búsqueda de consenso y acuerdos para limitar el aumento de la temperatura mundial a dos grados centígrados o menos por sobre los niveles preindustriales, lo cual exige renunciar a un tercio de las ya menguantes reservas de petróleo y al 80% de las reservas de carbón.

La "burbuja" de carbono

La burbuja de carbono se ha inflado al influjo de inmensas inversiones realizadas en los combustibles fósiles, particularmente aquellas efectuadas en combustibles fósiles no convencionales. Inversiones que se han efectuado sin importar los efectos que la quema de todo el carbón, petróleo y gas existente traerá para el sistema climático mundial.

⁴ Mumford, L. "Perspectivas", en José Manuel Naredo y Luis Gutiérrez (eds.): *La incidencia de la especie humana sobre la faz de la Tierra (1955-2005)*, Universidad de Granada/ Fundación César Manrique, Granada 2005, p. 492-493.

Carlos Fresneda,⁵ considera que los mercados pueden llevar a la economía y al planeta a una situación límite y afirma que *para “amortizar” las inversiones en energías sucias de los últimos años, no va a haber más remedio que quemar todas las reservas de energías fósiles que tenemos. Si no lo hacemos, la economía se desestabilizaría.*

Por su parte, Bill McKibben,⁶ considera que:

Si pudiéramos ver el mundo con un par de gafas particularmente iluminadoras, una de las características más destacadas del momento sería una gigantesca burbuja de carbono, cuyo estallido llevará un día a que la burbuja de la vivienda de 2007 parezca una broma. Por desgracia ... hasta ahora es mantenida en gran parte invisible.

Los precios fluctuantes del crudo

Rick Bosman y Derk Loorbach,⁷ consideran que las fluctuaciones en el precio del crudo son muy difíciles de predecir y probablemente lo seguirán siendo y que: *Las recientes fluctuaciones en los precios del petróleo pueden ser un indicador de una desestabilización del régimen de los combustibles fósiles. Tal desestabilización – afirman - es una condición necesaria para que una transición energética sea posible.*

Tensiones por el acceso a la energía fósil

Tensiones geopolíticas; creciente resistencia a la producción de las fuentes no convencionales y ritmo acelerado en la expansión de las energías renovables. Se trata de diferentes factores que completan el panorama de las condiciones objetivas que señalan en dirección al ocaso de la sociedad fosilista.

La agotabilidad de las fuentes fósiles

El actual modelo energético, que ha posibilitado alcanzar objetivos económicos, sociales y científicos jamás imaginados, resulta enormemente frágil. Prácticamente toda nuestra tecnología y nuestro modo de vida actual descansan sobre fuentes de energía agotables. Un gigante con pies de barro.

A un ritmo de extracción de aproximadamente noventa millones de barriles diarios, cada año quemamos y utilizamos el equivalente a cuatro siglos de plantas prehistóricas y de esta

⁵ Fresneda, C. (2013). La burbuja de carbono, documento electrónico: <https://elcorreodelsol.com/blog/carlos-fresneda/la-burbuja-de-carbono>

⁶ McKibben, Bill. Por qué la industria de los combustibles fósiles se defiende con tanta acritud. Documento electrónico: <https://350.org/es/la-gran-burbuja-del-carbono-por-qu-la-industria-de-los-combustibles-f-siles-se-defiende/>

⁷ Bosman, R. y Loorbach, D. (2015). *What is the ideal oil price for the energy transition?* Documento electrónico: <https://energypost.eu/ideal-oil-price-energy-transition/>

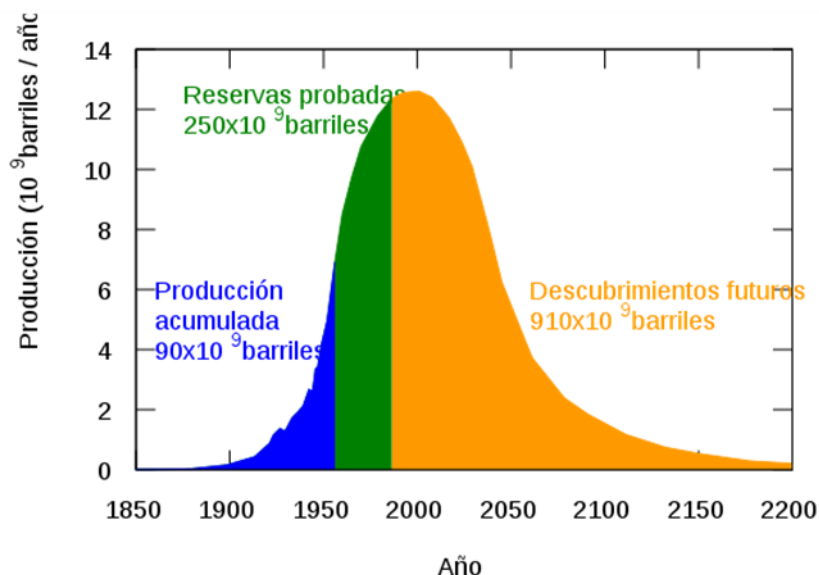
manera, los ricos campos petroleros y las minas de carbón fácilmente explotables del pasado están casi agotados.⁸



Elaboración propia

A nivel mundial, desde 1962, cada año se descubren menos yacimientos y los que están por descubrirse se encuentran más inaccesibles. Las estadísticas indican que hoy por cada cinco barriles que se consumen, se descubre uno para su reposición. Este insostenible ritmo de extracción fue analizado en profundidad por Marion King Hubbert quien, en la década de 1950, lanzó su teoría conocida como *Cenit Petrolero; Peak Oil o Pico de Hubbert*. Esta teoría viene a decir que la cantidad de petróleo que se extrae anualmente de un pozo sigue una curva con forma de campana, de manera que la extracción aumenta durante los primeros años hasta llegar a un límite que se alcanza cuando se ha explotado aproximadamente la mitad del crudo extraíble. A partir de ese momento la extracción se hace más difícil y lenta (por motivos geológicos) hasta que llega un momento que extraer el petróleo requiere más energía que la que se va a sacar de él, y ya no es rentable extraerlo por muy alto que sea su precio.

⁸ El consumo de barriles de petróleo a nivel mundial varía año tras año y depende de factores como la demanda económica y las políticas energéticas. Sin embargo, según el informe estadístico anual de BP sobre energía mundial de 2021, el consumo total de petróleo en el mundo en 2020 fue de aproximadamente 91,6 millones de barriles por día (mbpd). Esto equivale a alrededor de 33.4 mil millones de barriles al año.



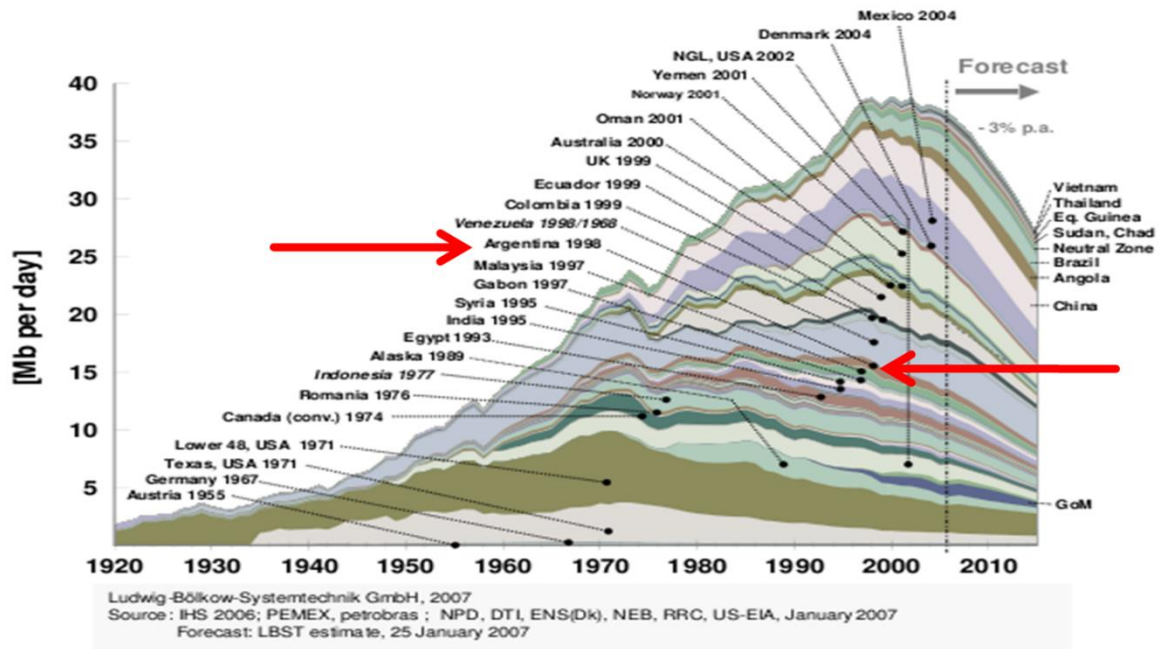
El cociente entre la cantidad de energía total que es capaz de producir una fuente de energía y la cantidad de energía que es necesario emplear o aportar para explotar ese recurso energético es lo que se conoce como “*Tasa de Retorno Energético*” (TRE) (en inglés: EROEI o EROI). Para el petróleo, hasta 1940, la TRE se aproximaba a 100; en 1970 se había reducido a 23 y hoy ronda un valor de 8. Para el carbón, los valores de TRE, que eran de 80 para el año 1950, se habían reducido en 1970 a un valor de 30. El gas, tiene una TRE que varía entre 1 y 5.

La curva en forma de campana de la teoría de Hubbert, como lo menciona Ugo Bardi,⁹ muestra un patrón; una lógica que, bueno es aclararlo, no aparece sólo para el petróleo o los recursos energéticos. Se trata de un patrón muy general de producción de recursos no renovables o lentamente renovables. Bardi afirma entonces que la curva en forma de campana o Tipo Hubbert resulta el comportamiento "natural" de la producción de recursos no renovables o lentamente renovables y es la forma en que se espera que el sistema se comporte cuando no hay interferencias fuertes de tipo político o de otra clase de perturbaciones.

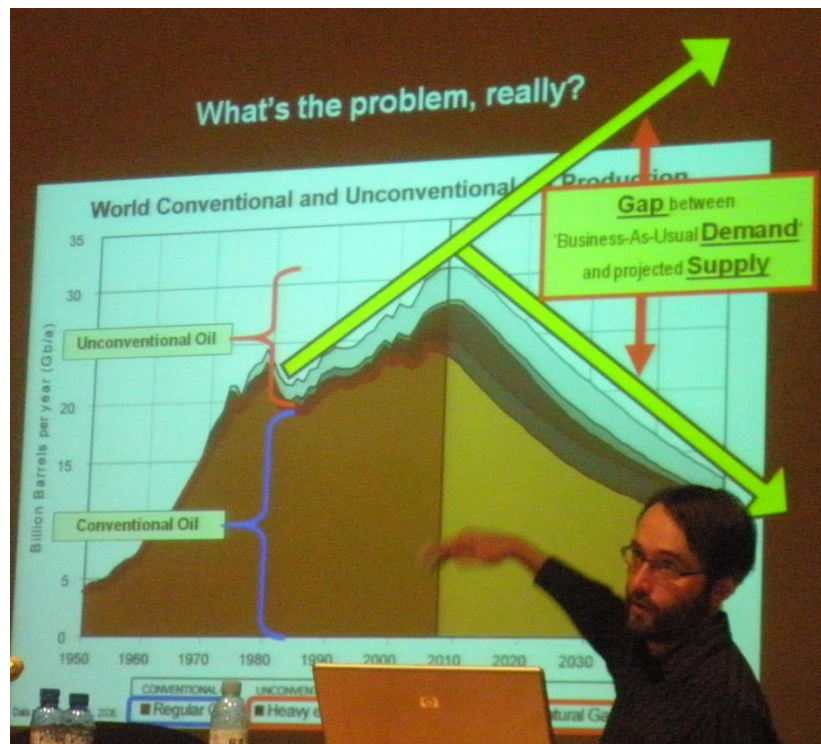
Los seguidores de Hubbert fundaron la *Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo y Gas* (ASPO). Según sus cálculos el año del cenit mundial se habría alcanzado entre 2005 y 2010.

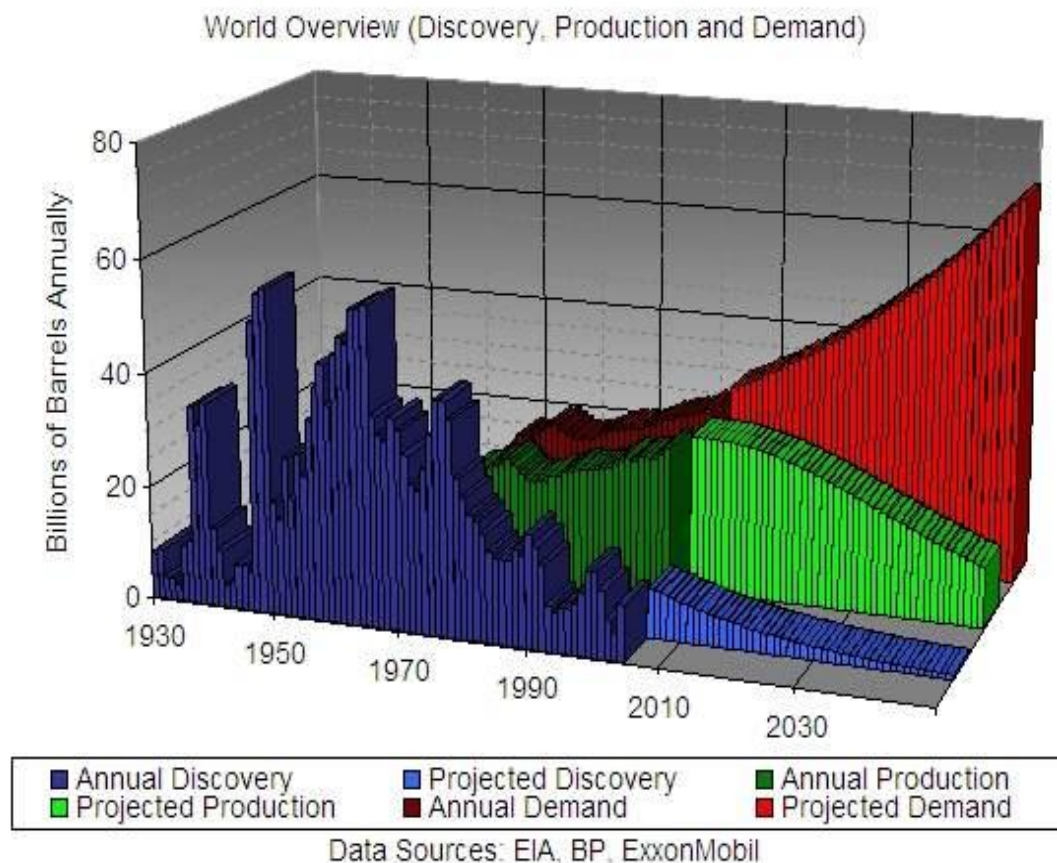
⁹ Bardi, U. (2011). “*Entropy, Peak Oil, and Stoic Philosophy*”, documento electrónico: <https://cassandralegacy.blogspot.com/2011/05/peak-oil-thermodynamics-and-stoic.html>

Figure 5: Oil producing countries past peak

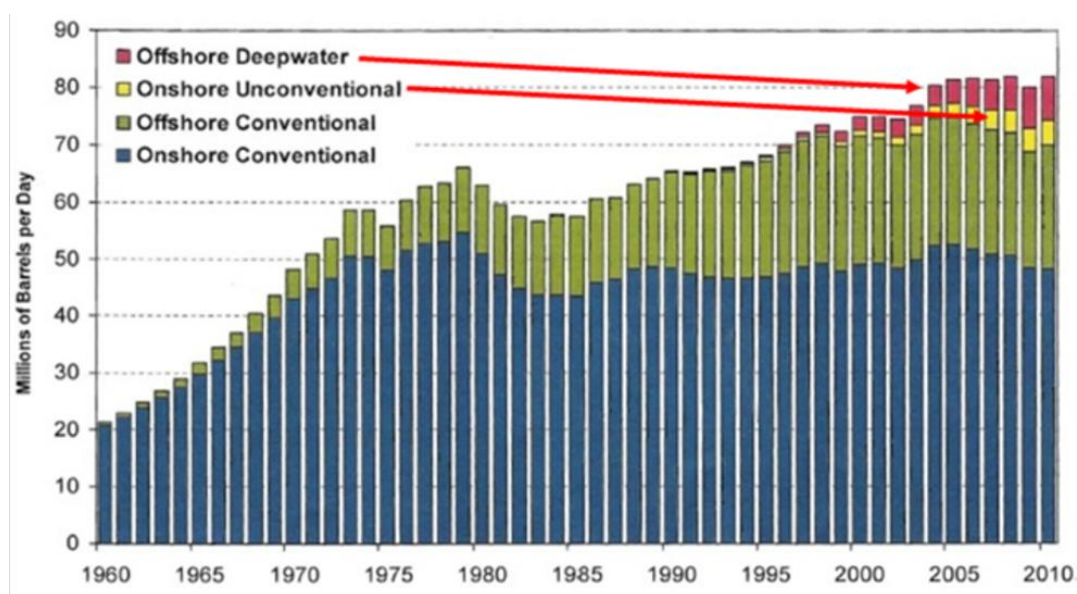


Como lo dijera James R. Schlesinger (1977), al referirse a la crisis energética: *tenemos un caso clásico de crecimiento exponencial contra un recurso finito*. De esta manera se va abriendo una creciente brecha entre la posible futura provisión de petróleo y la proyección de una ilimitada demanda.



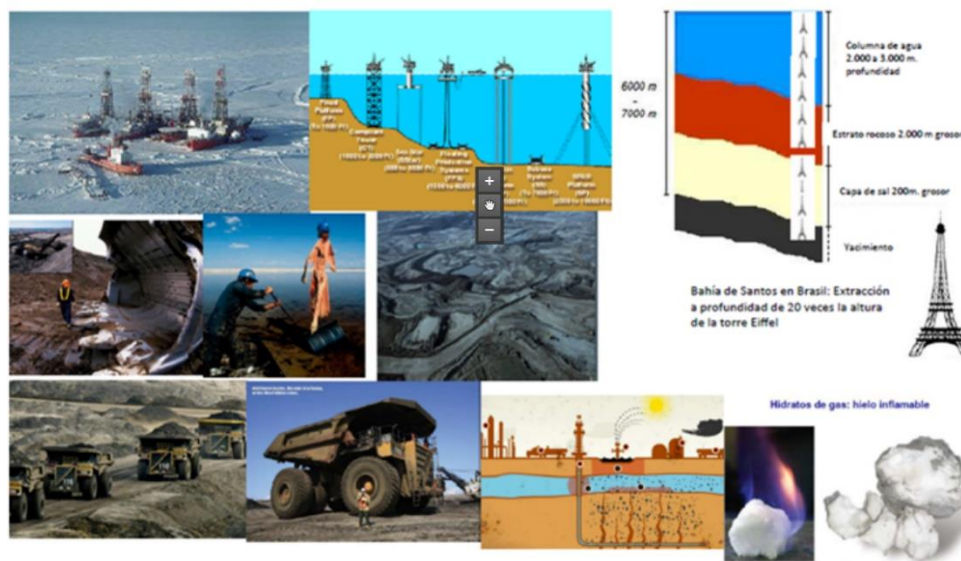


Desde finales del siglo XX y a raíz de los escasos hallazgos de hidrocarburos convencionales, tanto *offshore* como *onshore*, comenzaron a aparecer entre las fuentes de abastecimiento los hidrocarburos *offshore* de aguas profundas y los hidrocarburos *onshore* no convencionales.



A esta pregunta:

...¿por qué habría que ir tan lejos, tan profundo y a yacimientos tan pobres?



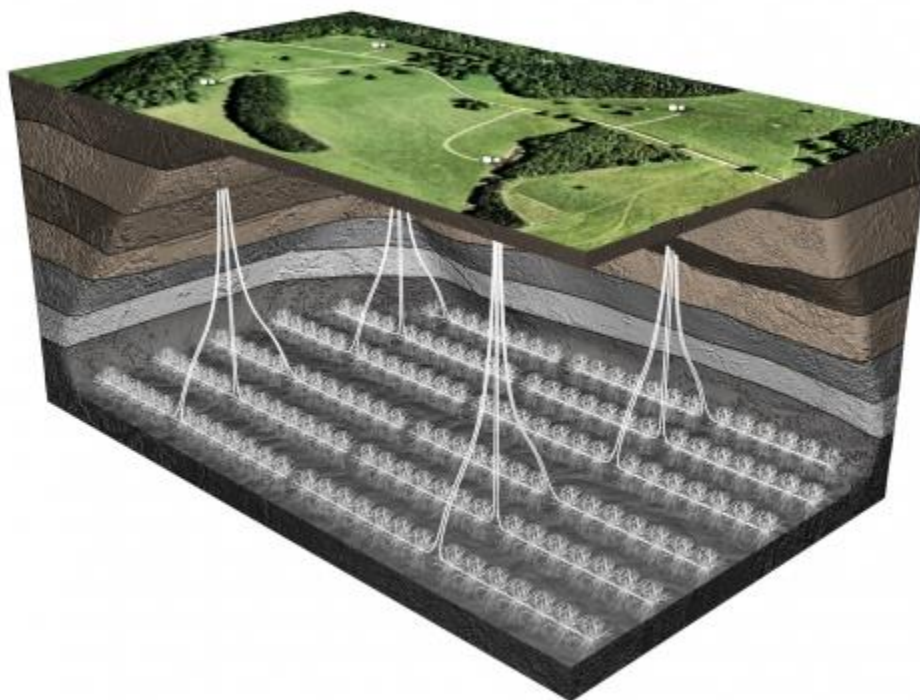
La respuesta es que se está yendo tan lejos, tan profundo y a yacimientos tan pobres porque cada vez son más escasos los hallazgos de hidrocarburos convencionales.

Conviene detenerse en los “hidrocarburos no convencionales”,¹⁰ cuya extracción se nos presenta como un alarde de la tecnología, ocultando los altísimos costos y los graves impactos ambientales de las metodologías de extracción empleadas,¹¹ a lo cual se agrega sus TRE bastante bajas (0,7 a 13,3).

¹⁰ Los hidrocarburos no convencionales son recursos de hidrocarburos que se encuentran en formaciones geológicas más complejas y difíciles de explotar que los hidrocarburos convencionales. Los tres tipos principales de hidrocarburos no convencionales son: *Gas de esquisto* (“*shale gas*”): gas natural atrapado en rocas sedimentarias de baja permeabilidad, como la pizarra, que requieren técnicas de fracturación hidráulica para extraerlo. El “*tight gas*” (gas de arenas compactas) y el *Petróleo de arenas bituminosas*: petróleo atrapado en arenas impregnadas de alquitrán y otros materiales pesados que se encuentran en formaciones de la superficie terrestre. *Gas de carbón*, “*coal bed methane*” (metano del manto de carbón): gas metano atrapado en formaciones de carbón subterráneas.

¹¹ Según el informe del Tyndall Centre, de los aditivos químicos empleados 17 han sido clasificados como tóxicos para organismos acuáticos, 38 son tóxicos agudos, 8 son cancerígenos probados y otras 6 están sospechados de serlo, 7 son elementos mutagénicos, y 5 producen efectos sobre la reproducción. Las enormes cantidades que deben emplearse –para una plataforma de 6 pozos oscilarían entre los 1.000 y los 3.500 m³ de químicos–, serían, por sí mismas, motivo de máxima precaución y control. Según el informe los riesgos incluyen: la contaminación de agua subterránea por acción de los fluidos utilizados para las fracturas, a raíz de roturas en los encamisados o filtraciones; la contaminación de la tierra y agua superficial debido a derrames de los compuestos utilizados en las fracturas, y de las aguas contaminadas que regresan a la

A manera de ejemplo, la tecnología para el gas de esquisto incluye “perforación profunda en horizontal” y “*fracking*” (fractura hidráulica), para lo cual se emplea un 98% de agua y arena, y un 2% de aditivos químicos que se mantienen como “secreto comercial”.¹²



No obstante, según el informe del *Tyndall Centre*, los aditivos químicos empleados tienen efectos potenciales sobre la salud y el ambiente. 17 han sido clasificados como tóxicos para organismos acuáticos, 38 son tóxicos agudos, 8 son cancerígenos probados y otros 6 están sospechados de serlo, 7 son elementos mutagénicos y 5 producen efectos sobre la reproducción. Las enormes cantidades que deben emplearse –para una plataforma de 6 pozos oscilarían entre los 1.000 y los 3.500 m³ de químicos- serían, por sí mismas, motivo de máxima precaución y control.

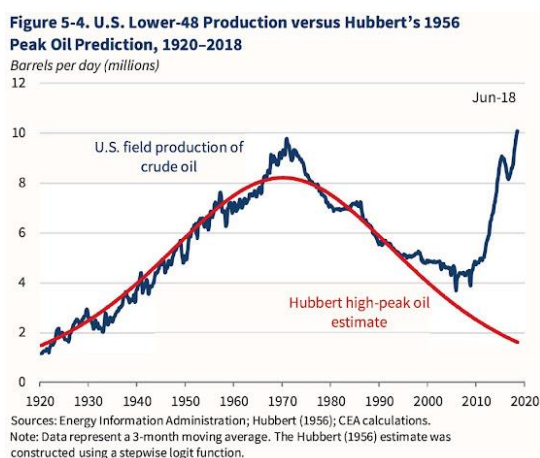
Según el informe los riesgos incluyen: la contaminación de agua subterránea por acción de los fluidos utilizados para las fracturas, a raíz de roturas en los encamisados o filtraciones; la contaminación de la tierra y agua superficial debido a derrames de los compuestos utilizados en las fracturas, y de las aguas contaminadas que regresan a la superficie una vez concluido el proceso; el sobreconsumo y agotamiento de fuentes de agua; el tratamiento de las aguas residuales y los impactos sobre la tierra y el paisaje.

superficie una vez concluido el proceso; el sobreconsumo y agotamiento de fuentes de agua; el tratamiento de las aguas residuales y los impactos sobre la tierra y el paisaje.

¹² A partir de lo que se conoce como la enmienda Halliburton se ha generado una laguna jurídica en la ley estadounidense de energía de 2005 por lo que la Agencia de Protección Ambiental carece de herramientas y potestades para controlar y regular la utilización de fluidos en los procesos, permitiendo que las compañías se nieguen a revelarlos bajo el argumento de que constituyen “secretos comerciales”, como si se tratara de la fórmula de la Coca-Cola.

Vale la pena detenernos aquí para mencionar que, en Argentina, con el yacimiento de Vaca Muerta,¹³ se ha generalizado una muy optimista visión sobre la disponibilidad de combustibles fósiles, disponibilidad que en algunos cálculos nos podría abastecer por 105 años. Pero estos cálculos no toman en consideración las enormes diferencias entre recursos prospectivos, recursos contingentes y recursos “3 P”; ni la extracción posible dadas las condiciones de mercado futuro; ni las tasas de retorno energético del yacimiento; ni el error que significa calcular disponibilidad de recursos en base a los consumos actuales, sin considerar su inevitable crecimiento exponencial. Por otra parte, y dando por cierta la estimación de 27.000 millones de barriles como recursos técnicamente recuperables de hidrocarburos no convencionales de Vaca Muerta, es de hacer notar que, con un consumo mundial de 33.400 millones de barriles/año (consumo en 2020), los recursos de Vaca Muerta solamente significan 10 meses del consumo mundial. En otras palabras, dado el poder de compra o político-militar de los países desarrollados, es de esperar que los recursos energéticos de Vaca Muerta sean exportados mucho antes de poder ser utilizados por más de un siglo para nuestro desarrollo.

Otra visión optimista la tenemos con la extracción de hidrocarburos no convencionales en Estados Unidos, que condujo a “romper la campana de Hubbert”.



Ugo Bardi,¹⁴ señala que

En 1956, Marion King Hubbert predijo que la producción de petróleo de Estados Unidos seguiría una curva "en forma de campana", comenzando un declive irreversible alrededor de 1970. Básicamente tenía razón, pero, alrededor de 2010, la curva de producción volvió a crecer. Este abrupto repunte fue un evento sorprendente que impulsó a los Estados Unidos de nuevo al papel de mayor productor mundial de petróleo crudo, y a volverse notablemente más optimista en

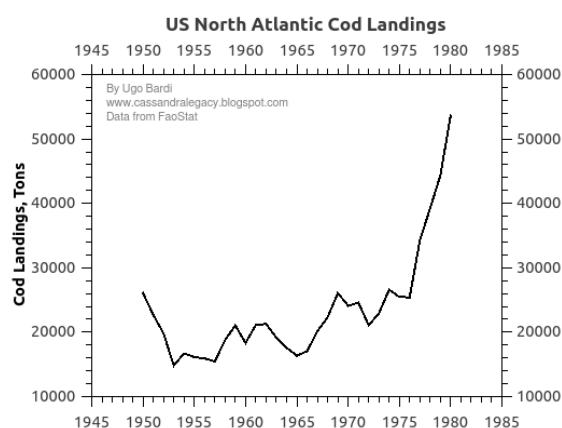
¹³ Vaca Muerta es una formación geológica de *shale* situado en las provincias de Neuquén, Río Negro, La Pampa y Mendoza.

¹⁴ Bardi, U. (2023). El gráfico más asombroso del siglo 21: ¡Cómo el Imperio está contraatacando! Documento electrónico: <https://www.senecaeffect.com/2022/11/the-most-amazing-graph-of-21st-century.html>

términos geopolíticos. Impulsado por su gran producción de petróleo, el Imperio está contraatacando. Pero ¿por cuánto tiempo?

Esta inversión de la tendencia declinante del crudo debe ser vista, tal como lo propone Bardi,¹⁵ como un intento desesperado para que la extracción aumente sin contemplar en absoluto los impactos que tendrá sobre la lucha contra el cambio climático y las políticas ambientales en general. Para Bardi *la sobreexplotación conduce al colapso: las personas no se dan cuenta de que, al impulsar el crecimiento a toda costa, están destruyendo el mismo recurso que crea el crecimiento, al igual que ya aconteció con la pesca. A manera de ejemplo Bardi se remite al caso de la pesca del bacalao.*

Los desembarcos estadounidenses de bacalao del Atlántico Norte hasta 1980 pueden verse en el siguiente gráfico

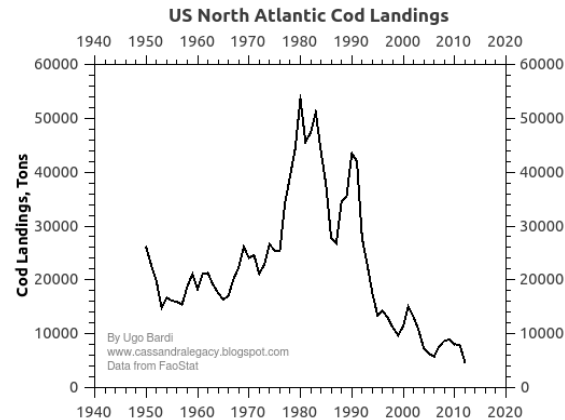


Fuente Ugo Bardi

Por aquellos años se afirmaba que este milagroso crecimiento se debía a las nuevas tecnologías de pesca que disipaban todas las preocupaciones que existían con la sobrepesca. Bardi menciona el caso de un artículo de Hamilton *et al.*,¹⁶ como ejemplo de tales opiniones. Finalmente proporciona los datos de desembarques de bacalao hasta 2012 que muestran a las claras lo que sucedió después de la gran explosión de crecimiento.

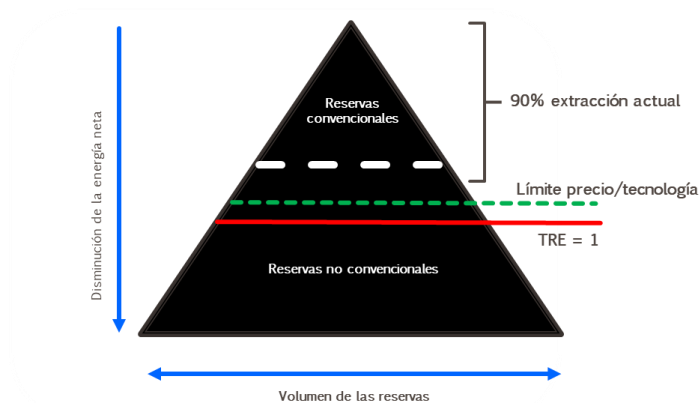
¹⁵ Bardi, U. (2023). El Imperio contraataca: ¡Abajo esas tontas políticas ambientales! Documento electrónico: <https://www.senecaeffect.com/2023/02/the-empire-strikes-back-end-of.html>

¹⁶ Hamilton, L.C., Haedrich, R.L. & Duncan, C.M. (2004). *Above and Below the Water: Social/Ecological Transformation in Northwest Newfoundland. Population and Environment* 25, 195–215. <https://doi.org/10.1023/B:POEN.0000032322.21030.c1>



Fuente Ugo Bardi

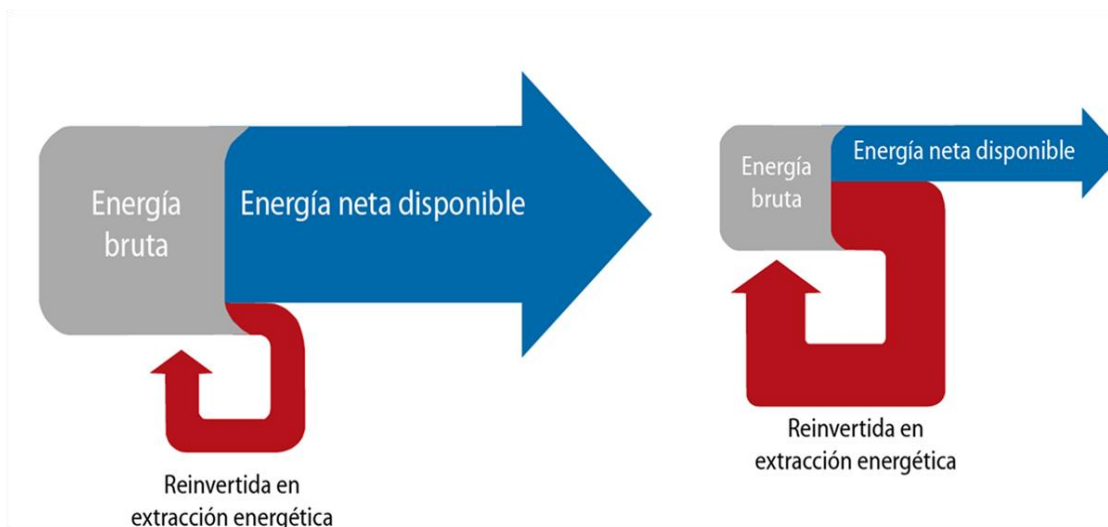
En el siguiente gráfico se puede apreciar que en la actualidad nos encontramos en una trayectoria que se aproxima al límite “precio/tecnología” y de continuar chocará inevitablemente contra el límite $TRE = 1$



El colapso pesquero ilustrado por Bardi, al igual que el cenit petrolero, son ejemplos de lo que le espera al sistema-mundo productivista: un comportamiento conocido como el *Acantilado de Séneca*, descrito en la *Epístola de Séneca a Lucilio* donde menciona que:

Sería algún consuelo para la debilidad nuestra y de nuestras obras si todas las cosas perecieran con la misma lentitud que llegaron a existir; pero tal como son las cosas los incrementos son de lento crecer y la ruina es rápida.

Y pensar que el futuro depende de entender una obviedad



Georgescu-Roegen afirmaba que lo obvio debía ser enfatizado porque había sido ignorado durante largo tiempo,¹⁷ y una de tales obviedades es la que nos recuerda B. W. Hill: *se requiere de petróleo para extraer petróleo*.¹⁸ Obviedad que ha sido largamente ignorada, convirtiéndose en una amenaza silente para el futuro de la humanidad.

En una mezcla de negacionismo, omnipotencia prometeica e irresponsabilidad; aplicando una y otra vez las estrategias de atenuación, tan bien descritas por Slavoj Žižek, mirando para otro lado, impulsados por el inmediatismo económico que caracteriza al sistema-mundo productivista, devolvimos a la atmósfera el carbono capturado y depositado en las fuentes fósiles de energía durante millones de años, en tan solo 300 años, imaginando que semejante crecimiento exponencial en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera no tendría consecuencias desastrosas.

Enfrascados en semejante vorágine energética no prestamos la menor atención a otra verdadera obviedad: *las fuentes fósiles de energía son recursos naturales no renovables y, por lo tanto, inevitablemente agotables*.

Esta característica, en el caso del petróleo, tiene la particularidad de no depender de la cantidad finita de sus reservas bajo el suelo, sino de depender de la relación entre la energía necesaria para extraerlo y la cantidad de energía que obtenemos a cambio, relación que, cuando alcanza el valor de "1", define que no sea rentable extraerlo, por muy alto que sea su precio.

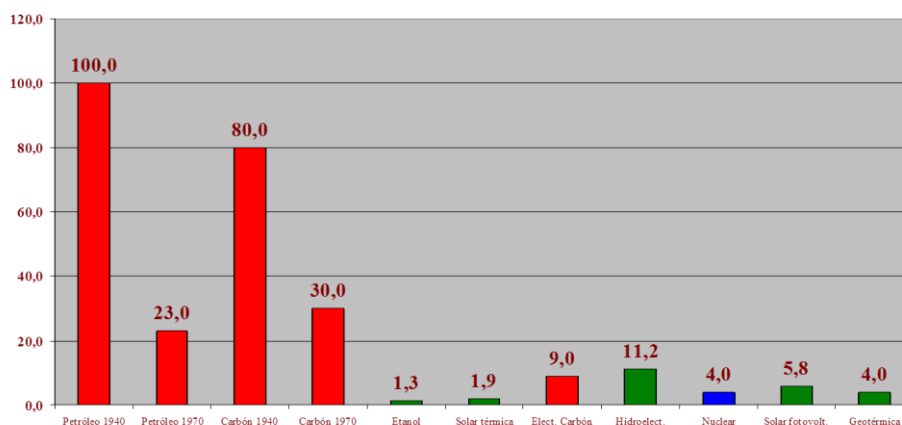
He aquí el fundamento de un indicador que hoy debería ocupar la atención de toda la dirigencia política y sus tecnoburocracias: la Tasa de Retorno Energético (TRE). Un indicador que muestra una clara tendencia declinante para las fuentes fósiles y que resulta

¹⁷ Carpintero, O. (2006). *La bioeconomía de Nicholas Georgescu-Roegen*, Montesinos, Barcelona p. 185

¹⁸ Citado en *Algunas reflexiones sobre el ocaso de la Edad del Petróleo (Parte II)*. Post de Louis Arnoux, publicado en *Cassandra's Legacy*

bajo para sus potenciales sustitutos (ver gráfico). Un indicador que pesa mucho más para el futuro de la humanidad que los productos brutos con los que tanto se entretienen mientras la civilización marcha alegremente hacia la autodestrucción.

TASAS DE RETORNO ENERGÉTICO POR FUENTES



Fuente: “Generación, transformación y uso de la energía en Navarra”. Alejandro Arizkun

Resulta de vital importancia que la sociedad y sus clases dirigentes adviertan que, en los volúmenes en que lo empleamos -equivalentes a siglos de plantas prehistóricas todos los años- no existen sustitutos para el petróleo; que la sociedad crecientista que hemos construido, no puede detenerse ni ralentizar su marcha y que solo es cuestión de algunas décadas más para que se derrumbe el actual modelo energético fosilista y con ello, se derrumben los modelos de producción y consumo que alimentan al sistema-mundo productivista.

Sólo podemos usar una vez el petróleo. Sólo podemos emplear los metales una vez. Pronto se quemará todo el petróleo y todos los metales de las minas serán extraídos y transformados. Así que nos veremos impelidos a abandonar por completo nuestra *cultura monetaria* reemplazándola con una contabilidad atada a las restricciones de la *materia-energía*.

¿Pueden las alternativas energéticas suplir las características del petróleo?

Walter Youngquist,¹⁹ es contundente al afirmar que:

En conjunto no hay un sustituto para el petróleo debido a su alta densidad energética, la facilidad de su manejo, la multiplicidad de sus usos y los volúmenes en que ahora lo usamos. El pico de la producción mundial de petróleo, con el consiguiente e irreversible declive, será un punto de inflexión

¹⁹ Citado por Jorge Riechmann en “Energía neta del petróleo y problemas conexos”. Documento electrónico: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Ftratarde.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F02%2F02%2FENERG%25C3%258DA-NETA-DEL-PETR%25C3%2593LEO-Y-PROBLEMAS-CONEXOS.ppt&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Ftratarde.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F02%2FENERG%25C3%258DA-NETA-DEL-PETR%25C3%2593LEO-Y-PROBLEMAS-CONEXOS.ppt&wdOrigin=BROWSELINK)

en la historia de la Tierra cuyo impacto mundial sobrepasará todo cuanto se ha visto hasta ahora. Y es seguro que ese acontecimiento tendrá lugar durante la vida de la mayoría de las personas que viven hoy.

Youngquist habla de *alta densidad energética* del petróleo y conviene detenernos en el análisis de esta propiedad en tanto nos ayuda a comprender la razón por la cual, para la demanda energética actual, el petróleo no tiene sustitutos.

La densidad energética del petróleo – la cantidad de energía contenida en un volumen o peso determinado - es significativamente más alta que la de la energía eólica o solar. Esto significa que, en general, una cantidad más pequeña de petróleo puede generar más energía que una cantidad equivalente de otras fuentes renovables de energía.

Aquí hay algunas comparaciones de densidades energéticas de diferentes fuentes de energía:

- La densidad energética del petróleo crudo varía de alrededor de 34 a 40 megajoules por kilogramo (MJ/kg).
- La densidad energética del gas natural es de alrededor de 55 MJ/kg.
- La densidad energética del carbón varía de alrededor de 24 a 33 MJ/kg.
- La densidad energética de la energía eólica y la energía solar fotovoltaica es significativamente más baja que la de los combustibles fósiles.
- La densidad energética de la energía hidroeléctrica depende del volumen de agua y la altura desde la que cae, pero en general es más baja que la de los combustibles fósiles.

Si bien, ninguna de las alternativas energéticas conocidas reúne las ventajas del petróleo, su inevitable agotamiento y su inviabilidad ambiental obligan a la búsqueda de sustitutos.

Veamos entonces, brevemente, los obstáculos que muestran las principales alternativas energéticas disponibles.

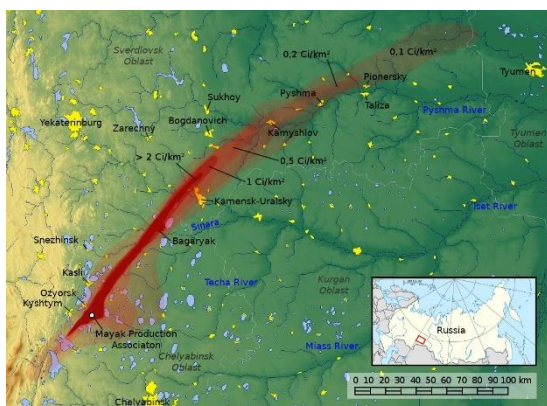
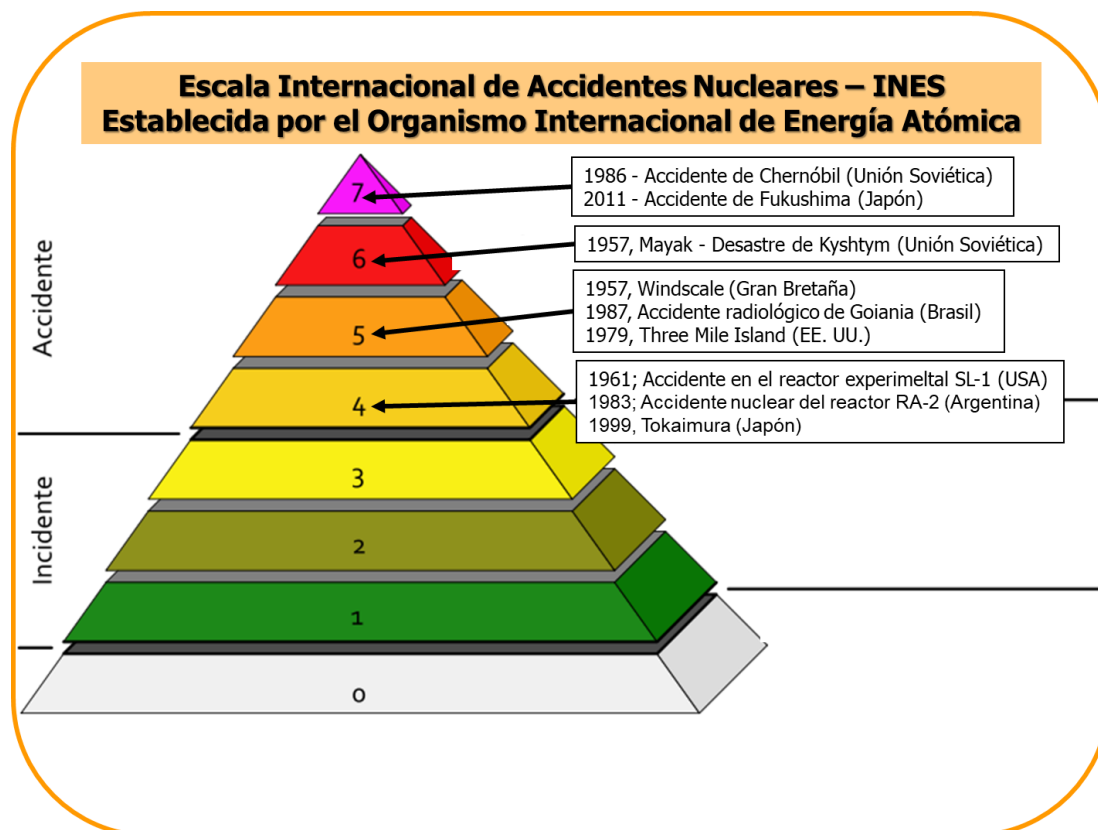
Energía Nuclear



Los principales obstáculos en el caso de la energía nuclear son:

- los altísimos costos, particularmente si se incluyen los costes reales, sobre todo en cuanto a los riesgos, que convierten a la energía nuclear -por lejos- en la fuente más cara;
- por su peligrosidad, la energía nuclear no se puede usar para el transporte y cualquier alternativa real al petróleo pasa por la necesidad de sustituirlo en el gran parque móvil mundial;
- se alentará la proliferación nuclear y a los regímenes autoritarios;
- sus desechos envenenarán el planeta para decenas de miles de años; y
- se seguirá ahondando la brecha Norte-Sur.
- los riesgos de accidentes nucleares

Durante mucho tiempo se creía que la posibilidad un accidente nuclear de Nivel 6 o 7 era de uno en 100.000 años hasta que, en 1957, se registra el accidente de Nivel 6 de Mayak; en 1986 se produce el accidente de Nivel 7 en Chernóbil y, en 2011, el accidente Nivel 7 en Fukushima.



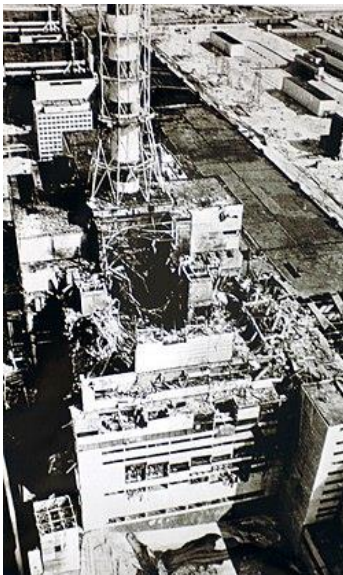
El Accidente de Kyshtym, fue un desastre radiológico ocurrido en la planta nuclear de Mayak, ubicada cerca de la ciudad de Chelyabinsk, en la Rusia soviética, el 29 de septiembre de 1957. En el mapa se puede apreciar el Rastro Radiactivo del Este de los Urales. El accidente fue uno de los mayores desastres radiológicos en la historia. Ocurrió cuando un tanque de almacenamiento de residuos radiactivos explotó, liberando una gran cantidad de material radiactivo a la atmósfera.

La explosión liberó alrededor de 50-100 toneladas de residuos radiactivos, incluyendo cesio-137, estroncio-90 y plutonio-239, entre otros. Se estima que al menos 200 personas murieron como resultado del accidente, principalmente como resultado de la exposición aguda a altos niveles de radiación. Además, se estima que alrededor de 10,000 personas fueron expuestas a niveles peligrosos de radiación, y muchas más fueron expuestas a niveles bajos de radiación a largo plazo. El desastre también tuvo un impacto significativo en el ambiente, contaminando ríos, lagos y tierras agrícolas en la región. Aunque se han realizado esfuerzos para limpiar la zona afectada, todavía se observan efectos significativos en la salud y el ambiente en la región.



Tareas de limpieza en la central nuclear de Mayak

El accidente nuclear en Chernóbil fue un desastre radiológico ocurrido el 26 de abril de 1986 en la central nuclear de Chernóbil, cerca de la ciudad de Pripyat, en la República Socialista Soviética de Ucrania. El accidente fue el peor desastre nuclear en la historia, tanto en términos de muertes como de costos económicos y ambientales.



El accidente ocurrió cuando un experimento en el reactor número 4 de la central nuclear salió mal, lo que provocó una explosión y un incendio que liberaron grandes cantidades de material radiactivo a la atmósfera. Se estima que alrededor de 5% del núcleo del reactor se fundió y se liberó alrededor de 90 veces la radiación de la bomba atómica de Hiroshima.

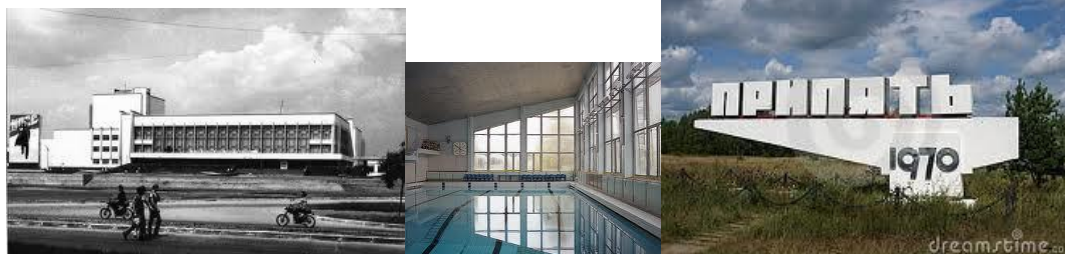
Alrededor de 4,000 personas murieron como resultado del accidente, principalmente como resultado de la exposición aguda a altos niveles de radiación. Además, se estima que alrededor de 400,000 personas fueron expuestas a niveles peligrosos de radiación, y muchas más fueron expuestas a niveles bajos de radiación a largo plazo. El desastre también tuvo un impacto significativo en el ambiente, contaminando ríos, lagos y tierras agrícolas en la región. Se evacuó a decenas de miles de personas de la zona de exclusión alrededor de la central nuclear, y esa área sigue siendo inhabitable hoy en día.



El accidente nuclear de Fukushima fue un desastre radiológico ocurrido el 11 de marzo de 2011 en la central nuclear de Fukushima Daiichi, en la costa este de Japón. El desastre fue causado por un terremoto y un tsunami que afectaron la región, lo que provocó la falla de los sistemas de enfriamiento en los reactores nucleares. El terremoto y el tsunami causaron daños significativos en los edificios

de la central nuclear, lo que resultó en la liberación de material radiactivo a la atmósfera y el océano. El accidente tuvo un impacto significativo en la salud y el ambiente. Se evacuaron a más de 150,000 personas de la zona, y muchos de ellos aún no han regresado a sus hogares. También hubo una gran cantidad de contaminación radiactiva en la región, lo que afectó la agricultura y la pesca en la zona. El desastre también tuvo un impacto económico significativo, con un costo estimado de más de 200 mil millones de dólares. Se han llevado a cabo esfuerzos de limpieza y descontaminación en la zona, pero los efectos del accidente siguen siendo un problema en la región.

Veamos un resumen del posicionamiento antinuclear de Hervé Kempf.²⁰ Su punto de partida son algunas imágenes de Pripyat, en Ucrania que, en abril de 1986 contaba con 47.000 habitantes y era la ciudad más moderna de la ex URSS.



El 26 de abril de 1986 se produce el sobrecalentamiento y explosión del reactor N°4 de la Central Nuclear de Chernóbil, que emite 500 veces más radiación que la bomba atómica arrojada sobre Hiroshima en 1945 y Pripyat se convierte así en la ciudad fantasma más grande del mundo moderno.

²⁰ Kempf, H. (2010). *Para salvar el planeta. Salir del capitalismo*. Buenos Aires: Capital Intelectual.



Años más tarde, frente a lo ocurrido con la central de Fukushima, pese a que se quiso ocultar la enorme gravedad de lo acontecido, Japón reconoció que la situación en los primeros días fue mucho más grave de lo que admitió en su momento. El ex primer ministro Naoto Kan admitió en septiembre que pensó en la posibilidad de evacuar la capital del país. *Las escenas de Tokio desierto, sin una sola persona por las calles, pasaron por mi mente, señaló entonces. Fue realmente un pensamiento escalofriante* (EL PAÍS: *La fusión de Fukushima fue peor de lo anunciado* - AFP - Tokio - 02/12/2011)



A partir de lo anterior, resulta sorprendente que se presente un procedimiento técnico, que amenaza el presente e hipoteca el porvenir, como la “energía del futuro”. Un verdadero ejemplo de irresponsabilidad.

Kempf acude al ejemplo de Inglaterra que, desde la década de 1950, colecciona fracasos en materia nuclear y concentra, en *Sellafield*, una gran cantidad de desechos radioactivos y usinas contaminadas, con lo que no sabe qué hacer. Sin embargo, sigue construyendo nuevos reactores.



Luego se menciona la cuestión del destino de los desechos radioactivos, afirmando que ningún país del mundo pudo solucionarlo. Tal es el caso de Francia cuyo *lobby* nuclearista nos quiere hacer creer lo contrario.

Francia decidió “reprocesar” los combustibles residuales de los reactores, logrando reducir fuertemente el volumen de los desperdicios radioactivos, pero multiplicando sus tipos, especialmente al aislar el plutonio.²¹ Por otra parte, al no resultar rentable, no se reciclan todos los combustibles. Francia se encuentra ahora no sólo con los desechos concentrados

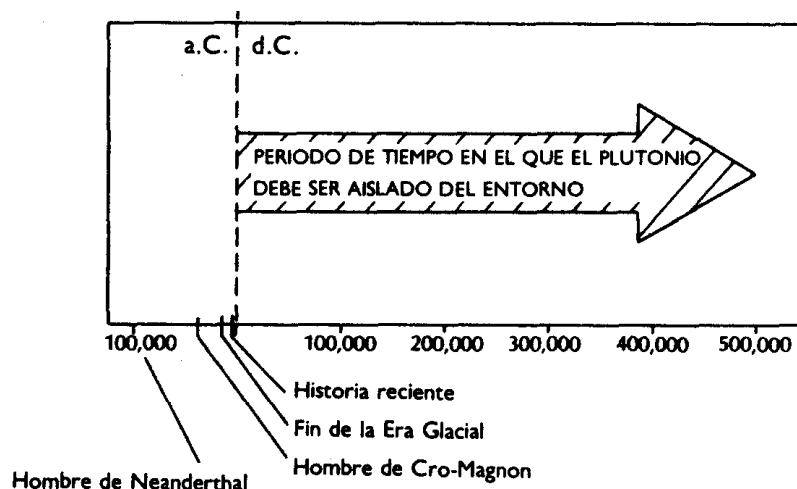
²¹ El plutonio, llamado así por *Plutón*, dios griego de los infiernos, es con mucho el más mortal de todos los desechos nucleares. En cantidades inferiores a una millonésima de gramo —una dosis invisible— es carcinógeno; menos de medio kilo, distribuido uniformemente, podría engendrar un cáncer de pulmón en todos los habitantes del mundo. En vista de ello, es realmente terrorífico saber que cada reactor comercial produce anualmente entre 180 y 230 kilos de plutonio.

producto del reciclado y del plutonio, sino también con combustibles usados, igual de radioactivos. En resumen, Francia se encuentra con categorías diferentes de desechos peligrosos, que implican cada uno una solución técnica particular y de las cuales no se encontró ninguna.



Los desechos nucleares constituyen un problema moral insoluble. La industria nuclear prevé que antes del año 2000 habrá un total de 575 millones de litros de desechos intensamente radiactivos, de «alto nivel» y sí bien las cantidades exactas de desechos radiactivos militares se mantienen en secreto, es de suponer que sean muy superiores a los producidos por los reactores industriales.

El plutonio, llamado así por Plutón, dios Griego de los infiernos, es con mucho el más mortal de todos los desechos nucleares. En cantidades inferiores a una millonésima de gramo —una dosis invisible— es carcinógeno; menos de medio kilo, distribuido uniformemente, podría engendrar un cáncer de pulmón en todos los habitantes del mundo. En vista de ello, es realmente terrorífico saber que cada reactor comercial produce anualmente entre 180 y 230 kilos de plutonio.



¿En nombre de qué legarle por miles de años a centenares de generaciones productos tóxicos que sólo habrán servido al bienestar de dos o tres generaciones?

Otro aspecto importante en el planteo de Kempf es el referido a los altos costos de la generación nuclear. Según datos disponibles, la eficiencia energética es tres veces más rentable que la energía nuclear. Mientras una central nuclear de mil Mw de potencia tenía en 2008, un costo de 6000 millones de euros; una central de carbón de igual potencia tenía un costo de 1300 millones y una de gas, no sobrepasaba los 500 millones de euros.

Marcel Coderch y Núria Almirón,²² destacaban que:

En enero de 2007, las autoridades británicas anunciaban que dismantelar y cerrar su parque de centrales obsoletas costaría al Reino Unido la exorbitante cifra de 125.000 millones de euros, que tendrían que ser asumidos por el Estado, ya que no fueron cargados en su momento al coste de la electricidad generada con estos reactores. Estas actividades de dismantelamiento durarán más de 125 años, con lo que la factura total será con toda seguridad mucho más elevada.

Frente a los altos riesgos, los altísimos costos y la proliferación, el *lobby* nuclear ahora nos dice que la energía nuclear no emite CO₂.

Hasta 2007 en el mundo existían 436 reactores en servicio con una capacidad de generación de 352 GW que garantiza el 16% de la producción mundial de electricidad. Las previsiones indican que en 2030 se alcanzarán 833 GW de generación, lo cual significa poner en servicio 25 centrales por año, hasta alcanzar un total de 610 reactores, a un costo variando entre 5000 y 12.000 millones de dólares por reactor que nos dice que será muy difícil que se cumpla esta previsión.

¿Pero que representarían estos hipotéticos 610 reactores en términos de emisiones de CO₂?

La Agencia Internacional de Energía hizo el cálculo: la puesta en servicio anual de 30 GW conduciría a una reducción de las emisiones del 6% en 2050. ¿Vale la pena?

Se sugiere también la lectura de: *Energía Nuclear* (2009) de Jorge Riechmann,²³ y *El punto crucial: Ciencia, sociedad y cultura naciente* (1982) de Fritjof Capra.²⁴

²² Coderch, M. y Almirón, N: (2008). *El espejismo nuclear*, Los Libros del Lince, Madrid, p. 110.

²³ Documento electrónico: <http://www.istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=6310> . Una transcripción parcial disponible en: <https://laereverde.com/energia-nuclear/>

²⁴ Un fragmento sobre la posición antinuclear en: <https://laereverde.com/energia-nuclear-fritjof-capra/>

George Monbiot en un artículo publicado en *The Guardian* el 6 de diciembre de 2005, con el título: *El cultivo más destructivo de la tierra no es una solución a la crisis energética*, considera que, al promover el *biodiesel* como sustituto, hemos pasado por alto el hecho de que es peor que la quema de combustibles fósiles que reemplaza. Para Monbiot:²⁵

La idea de que podemos simplemente reemplazar [los combustibles fósiles] - y las densidades de energía extraordinarias que nos proporcionan - con energía ambiental es materia de ciencia ficción. Simplemente no hay sustituto para reducir el consumo. Pero se están buscando sustitutos en todas partes. Hoy en día se están promoviendo en las conversaciones climáticas en Montreal, por estados - como el nuestro - que buscan evitar las difíciles decisiones que el cambio climático exige. Y al menos un sustituto es peor que la quema de combustibles fósiles que reemplaza [el biodiesel].

El lado oscuro del boom de los biocombustibles

Entre las estrategias para mitigar el cambio climático global, se destaca la opción de mitigación en el sector energético mediante acciones de reducción de emisiones, que incluyen:

- la disminución del consumo para lograr un mismo resultado (uso racional de la energía);
- el reemplazo de combustibles (de uno de mayor emisión de GEI's a otro de menor emisión de GEI's); y
- la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía.

Dentro de la última mencionada, emerge la posibilidad de alcanzar importantes niveles de reducción de emisiones mediante la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles, entendiendo por tales, aquellos que derivan de la biomasa, entre los que hoy se destacan:

- el “bioetanol”, principalmente obtenido a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha; y
- el “biodiésel” que se fabrica a partir de aceites vegetales.

El Segundo Informe de Evaluación del IPCC expresa que:

en los casos en que la biomasa es utilizada para reemplazar combustibles fósiles en la generación de energía —y regenerada sosteniblemente— se evita la emisión neta de carbono, ya que el CO₂ emitido al convertir la biomasa en energía es fijado nuevamente en la biomasa a través de la fotosíntesis.²⁶

²⁵ Documento electrónico: <https://www.theguardian.com/science/2005/dec/06/transportintheuk.comment>

²⁶ Ver: IPCC. 1995. Punto 4.1.3.2. *Switching to nonfossil fuel sources of energy*.

Es por todo lo expresado que los biocombustibles constituyen una fuente de energía renovable con un inmenso potencial para alcanzar el objetivo establecido en la *Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.*

Bajo este inmenso paraguas ambiental, incrementar el empleo de “biocombustibles”, resulta un hecho sumamente positivo; siempre y cuando, tal como lo advirtiera el IPCC, el desarrollo de la energía de biomasa se lleve a cabo de una manera que aborde efectivamente las preocupaciones acerca de otras cuestiones ambientales y la competencia con otros usos del suelo, caso contrario no podrá hacer importantes contribuciones en los mercados de la electricidad y los combustibles, como así tampoco podrá ofrecer perspectivas de aumento en el empleo e ingreso rural.

En la 12ª Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA) del Convenio sobre la Diversidad Biológica fueron consideradas algunas de las amenazas que la producción de Biocombustibles y su uso pueden llegar a entrañar para la diversidad biológica en todos sus niveles y para el bienestar humano, tales como, entre otras: la pérdida, fragmentación y degradación de valiosos hábitats como los bosques, prados, humedales y otros sumideros de carbono, incluidos sus componentes de diversidad biológica y sus esenciales servicios ambientales; el aumento en las emisiones de gases efecto invernáculo debidos a tales cambios de uso del suelo; el aumento del consumo de agua, el aumento en la aplicación de fertilizantes y pesticidas, con el consiguiente aumento en la polución del agua, los procesos de eutroficación y la degradación y erosión de los suelos; el cultivo desenfrenado de organismos genéticamente modificados y la introducción desenfrenada de especies exóticas invasoras.

En su discurso sobre el Estado de la Unión ante el Congreso en 2007, el presidente Bush presentó un plan que contemplaba -para el 2017- alcanzar un aumento del 500 % en la cantidad de combustible alternativo que obligatoriamente se debería agregar a la nafta, equivalente a 144.000 millones de litros. Entre tales combustibles alternativos y dadas las dificultades actuales de producir etanol celulósico a un costo competitivo, la mayor parte del combustible para satisfacer el objetivo de combustibles alternativos debería provenir del grano, razón por la cual, el anuncio inició un verdadero “boom” de los biocombustibles. *Estados Unidos está a punto de acceder a tecnología que nos permita vivir sin ser tan dependientes del petróleo*, afirmó Bush y agregó: *Y esta tecnología nos ayudará a ser mejores custodios del medio ambiente y nos ayudará a enfrentar el serio desafío del cambio climático mundial.*

Lo cierto es que la propuesta formulada por el presidente Bush, lejos de obedecer a una cuestión ambiental, resulta consecuencia directa y exclusiva del alza en el precio del petróleo, motivada, a su vez, en su creciente agotamiento.

La paradoja planteada es que esta política que persigue el objetivo de aumentar la producción de biocombustibles, en lugar de traer beneficios ambientales, económicos y sociales, solo logrará agudizar problemas como la deforestación y más grave aún, agudizará

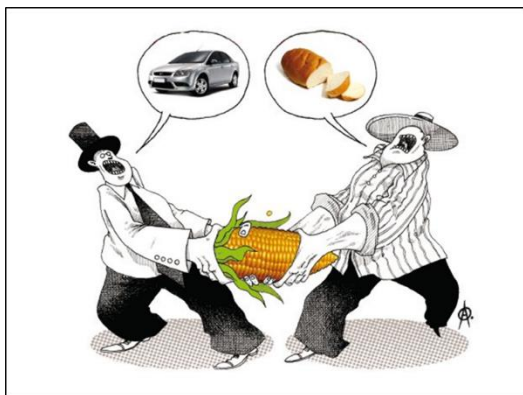
el caos en la economía alimentaria del mundo y, consecuentemente, conducirá a una creciente inestabilidad política, particularmente la del mundo en desarrollo.

En Estados Unidos, la producción de etanol para combustible motivó una desenfrenada construcción de destilerías en diferentes regiones agrícolas. Entre 2005 y 2006; se inició la construcción de 54 nuevas destilerías que, en conjunto, podían alcanzar más de 15.000 millones de litros de capacidad anual de producción, lo cual suponía aumentar la cosecha para evitar que disminuya el *stock* de granos para alimentos. Ese aumento, en un cálculo conservador, indicaba que se requería de 136 millones de toneladas adicionales de grano en la cosecha del 2007 para superar el déficit de producción del 2006, producir las toneladas adicionales para cubrir el crecimiento anual de la demanda para alimento y para proveer a las 54 nuevas destilerías en Estados Unidos.

En un mundo donde el crecimiento en la cosecha de grano ha promediado 20 millones de toneladas por año desde el 2000, las opciones para un salto tan enorme en la cosecha del año próximo no eran buenas, incluso con el estímulo de los altos precios del grano.

Además, y no poco importante, el sideral crecimiento requerido en la producción mundial se debía concretar en una situación caracterizada por la cada vez más extendida escasez de agua para irrigación y la perspectiva de condiciones climáticas extremadamente desfavorables motivadas en las consecuencias del cambio climático global.

En tal escenario no hay que ser un experto para comprender que la competencia por grano para etanos o alimentación definirá un marcado incremento en los precios de las cosechas, tanto a nivel local en Estados Unidos como a nivel mundial.



A priori, el aumento en los precios parece una muy buena noticia, particularmente para aquellos países que son fuertes productores y exportadores de grano. Pero la alegría puede durar poco. La competencia que se establecerá entre los 800 millones de dueños de automóviles, que desean mantener su movilidad y los 2.000 millones más pobres del mundo, que desean simplemente sobrevivir, creará un clima de violencia e inestabilidad política: primero en los países de baja renta que importan su grano y luego, globalización mediante, terminará afectando el progreso de la economía mundial.

El esperado aumento de precios afectará no solo a los países donde el maíz es el alimento básico, como por ejemplo México, sino también a aquellos que lo consumen en forma indirecta y en enormes cantidades para la producción de carne, leche y huevos, tales como China, India y en el propio Estados Unidos, que en conjunto suman a un 40 por ciento de la población mundial.

En tiempos pasados, las alzas del precio de los alimentos generalmente se relacionaban con el tiempo meteorológico y eran siempre temporales. La situación actual es diferente. A

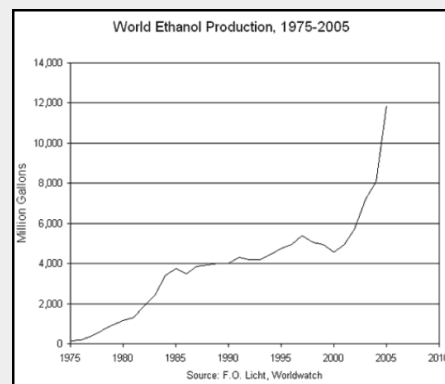
medida que se construyen más y más destilerías de combustible de etanol, los precios del grano del mundo se incrementan hacia su valor equivalente de petróleo, en lo que parece ser el principio de una subida a largo plazo. Las economías del alimento y de la energía, históricamente separadas, se están combinando. En esta nueva economía, si el valor del combustible del grano excede su valor como nutriente, el mercado lo desplazará hacia la economía de la energía. A medida que aumente el precio del petróleo, también lo hará el precio del alimento.

Si los precios del grano suben a máximos absolutos, los conflictos por alimentos se generalizarán y la inestabilidad política en países de baja renta que importan su grano, tales como, por ejemplo, Indonesia, Nigeria o México puede tornarse incontrolable y entre otras consecuencias puede llegar a interrumpir el progreso económico global.

El mundo necesita desesperadamente una estrategia para el creciente conflicto entre alimento y combustible.

Como principal productor y exportador de grano y productor principal de etanol, los Estados Unidos tiene la mayor responsabilidad y lo que suceda con la cosecha de grano de Estados Unidos afectará al mundo entero.

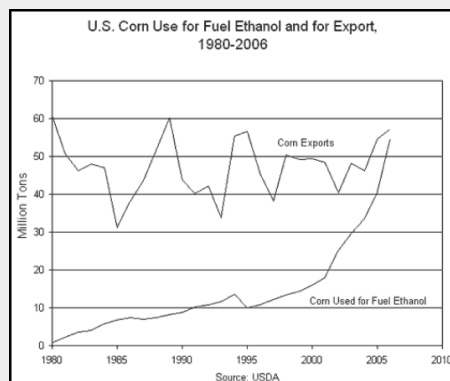
La opción es clara: un futuro en el que se extiende el hambre y la inestabilidad o un futuro con una drástica, pero sostenible, reducción de la dependencia del petróleo.



Evolución de la producción mundial de etanol, desde 1975 a 2005, en millones de galones.

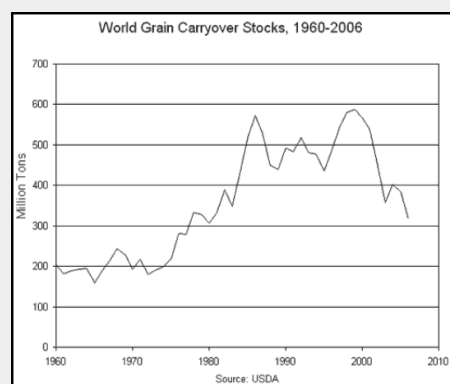
Fuente: *F.O. Licht* y *World Watch*. Elaborado por: *Earth Policy Institute*.

1 galón = 4,546 litros



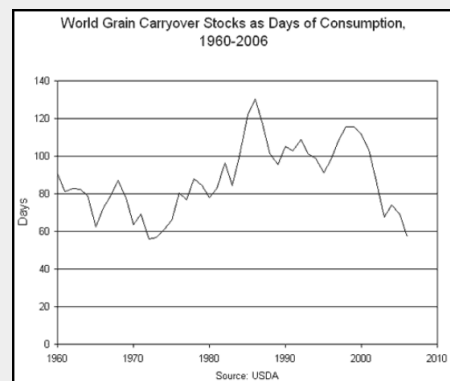
Evolución del maíz de Estados Unidos destinado a exportación (línea superior) y maíz destinado a destilación para la producción de etanol como combustible, desde 1980 a 2005, en millones de toneladas.

Fuente: USDA (*United States Department of Agriculture*). Elaborado por: *Earth Policy Institute*.



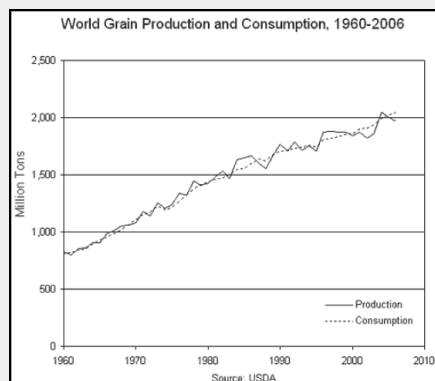
Evolución del stock mundial de grano, desde 1960 a 2006, en millones de toneladas.

Fuente: USDA (*United States Department of Agriculture*). Elaborado por: *Earth Policy Institute*.



Evolución del *carryover* mundial de grano según el stock mundial, desde 1960 a 2006, en días.

Fuente: USDA (*United States Department of Agriculture*). Elaborado por: *Earth Policy Institute*.



Evolución del consumo y producción mundial de grano, desde 1960 a 2006, en millones de toneladas.

Evolución de la producción representada por la línea no discontinua, evolución del consumo representado por la línea discontinua.

Fuente: USDA (*United States Department of Agriculture*). Elaborado por: *Earth Policy Institute*.

Hidrógeno



El hidrógeno tiene grandes obstáculos para erigirse en alternativa al petróleo. Hoy se lo obtiene a partir de los hidrocarburos, y es necesario para procesos de refinado. En el proceso de producción de hidrógeno siempre se utiliza más energía de la que producirá el hidrógeno obtenido. No estamos ante una fuente de energía sino ante un “transportador” de energía. Existen numerosos problemas físicos que hacen ínfima la posibilidad de que el hidrógeno tenga alguna importancia en el “*mix energético*” del futuro. No hay suficiente energía neta disponible de las fuentes renovables para sacar adelante el proceso. Es previsible que se fabricarán coches movidos por hidrógeno, pero es impensable imaginar que abarquen la totalidad del parque automotor que hoy conocemos, ni mucho menos.

Nos deberíamos preguntar ¿cuán “verde” es el hidrógeno verde?

Lo primero que salta a la vista son las limitaciones de esta fuente energética que requiere más energía para su obtención que la que ofrecerá y que presenta enormes dificultades para su transporte y almacenamiento en cuanto a temperaturas, presiones, inflamabilidad y

características de los recipientes y ductos. Sobre el particular, Fernández Duran y González Reyes,²⁷ luego de enumerar estas limitaciones concluyen afirmando que, *en el mejor de los casos, el hidrógeno servirá para una sociedad con un consumo energético mucho menor y en usos no intensivos.*

En igual dirección, Heinberg,²⁸ tras señalar las limitaciones que presenta el hidrógeno afirma que: *pensar en mover el actual parque mundial de vehículos a partir del hidrógeno, sobre todo a corto plazo, y garantizando además su movilidad en ascenso, es pues una quimera.* También podemos mencionar a Pedro Prieto quien aporta abundante información relativa a los inconvenientes que plantea su uso y nos habla sobre el “mito del hidrógeno”.²⁹

Frente a lo anterior nos preguntamos entonces qué cambió para que grupos privados decidan hacer inversiones de gran magnitud en proyectos de hidrógeno, pregunta que se hace Antonio Turiel en su blog: *The Oil Crash* bajo el título: “Asalto al tren del hidrógeno”³⁰ donde introduce el tema afirmando que:

Durante las últimas semanas, han proliferado las noticias y los anuncios de grandes empresas, de gobiernos y de la propia Comisión Europea anunciándonos la llegada de un nuevo mesías salvador en el panorama energético, una nueva fuente de energía que conseguirá al tiempo descarbonizar nuestra economía (evitando así las emisiones de dióxido de carbono que están desestabilizando el clima de nuestro planeta) y nos proporcionará una alternativa a los combustibles fósiles, ahora que empiezan su declive energético. Y esta fuente milagrosa tiene nombre: el hidrógeno verde. Todo parece perfecto. Demasiado bonito para ser verdad, para ser sinceros, puesto que la idea de usar hidrógeno como combustible lleva circulando ya varias décadas sin que hasta ahora haya podido cuajar. ¿Qué es lo que ha cambiado ahora?

Luego de enumerar todas y cada una de las limitaciones e inconvenientes que trae aparejado el uso del hidrógeno Turiel centra la atención en un factor que explica el cambio de actitud que se experimenta en la actualidad y lo ejemplifica con el caso del proyecto impulsado por Alemania de crear una central hidroeléctrica en el río Inga, en el Congo, que además produciría hidrógeno por hidrólisis; concluyendo que

El hidrógeno verde no es solo un grandísimo error, porque supone un malgasto energético enorme, sino que, en el contexto de la crisis energética que se nos viene encima con el declive del petróleo, probablemente oculta una voluntad infame de apropiación por parte de los países ricos de las fuentes de energía que les quedan a los pobres. Pero quienes diseñan estos planes no se dan cuenta de que ni el potencial renovable de un gran continente como es África basta para satisfacer el

²⁷ Fernández Duran, R. y González Reyes, L. (2018). *En la Espiral de la Energía* VOL 2 página 116

²⁸ Heinberg, R. (2006). *Se Acabó la Fiesta. Guerra y Colapso Económico en el Umbral del Fin de la Era del Petróleo*. Barrabes Editorial. Benasque (Huesca)

²⁹ Prieto, P. (2006) Energías renovables: ¿sustitutivas, paliativas o distractivas? Universidad Autónoma de Madrid (Cantoblanco) viernes 31 de marzo y sábado 1 de abril de 2006. Científicos por el Medio Ambiente

³⁰ Documento electrónico: <https://crashoil.blogspot.com/2020/10/asalto-al-tren-del-hidrogeno.html>

actual derroche energético europeo. Todo apunta a que la cosa saldrá mal, a que esta aventura será un peligroso fracaso, así que más valdría comenzar a hacer planteamientos más pragmáticos (y honrados) para los tiempos que vienen.

Abundando en esta argumentación lo tenemos a Félix Moreno,³¹ quien considera que *la idea es aprovechar toda la fuerza hidroeléctrica de los países menos desarrollados para literalmente robarles la energía que aún no usan para llevarla en preciosos cargueros de gas, o “hidrogeleros” a los países occidentales*. Y lo ejemplifica con el caso de Colombia introduciendo un factor de particular importancia como la disponibilidad de agua abundante.

En el caso de la inversión que se anunció para Argentina en un reportaje publicado el 28 de noviembre por el periódico *Río Negro*, Julie Shuttleworth, CEO de la *Fortescue*, ante la pregunta si el agua utilizada será de mar dijo que:

Se evalúan opciones, pero seguramente se utilizarán agua de mar, con una planta de desalinización, cuyo proyecto está en desarrollo...Se realizarán los estudios y se harán las cosas como corresponde. La característica del proyecto es que vamos a mantener informada a la comunidad en todo momento. Será un proceso rápido, pero con los estudios y permisos que corresponden.

El periódico *Río Negro* informa además que al final del reportaje Marcelo Kloster, afirmó que: hay *“información incorrecta del proceso de desalinización”*, pues *“su principal subproducto es el cloruro de sodio que se vende en los supermercados”* y, *“además, puede volver al mar”*.

Pero frente a tanta improvisación -increíble para fundamentar un anuncio de inversión de 8400 millones de dólares- la única verdad es la realidad y aquí la realidad es que la desalinización del agua de mar encarece notablemente el proceso de obtención de hidrógeno y que el agua de mar no es habitualmente usada a tales fines. Por otra parte, en la operación del electrolizador antes que sal comercializable en supermercados los iones de cloruro presentes en el líquido generan gas cloro de alto impacto ambiental.

En resumen, una vez más, frente a tanto entusiasmo productivista, se debería apelar a un valor bastante poco común en las dirigencias de la política tradicional y sus tecnoburocracias: la prudencia.

³¹ Documento electrónico:

https://www.felixmoreno.com/es/index/132_0_cuando_el_rio_suena_hdrgeno_lleva.html

Energía Eólica



Es la alternativa más prometedora, con una tasa de retorno energético más alta de todas las renovables, incluso puede estar ya superando la tasa de retorno de algunos combustibles fósiles más difíciles de extraer.

A pesar de ser una fuente de energía renovable y limpia, la energía eólica todavía tiene algunas limitaciones que pueden dificultar su uso a gran escala como reemplazo de las energías fósiles. Algunas de estas limitaciones incluyen:

1. Disponibilidad variable: la energía eólica depende del viento, que puede ser variable en diferentes momentos y lugares. Esto hace que la energía eólica no sea una fuente de energía constante y confiable, lo que puede requerir sistemas de respaldo para mantener el suministro constante de energía.
2. Dependencia de la ubicación: la energía eólica requiere vientos fuertes y constantes, lo que significa que no es posible instalar turbinas eólicas en cualquier lugar. Se requieren grandes extensiones de terreno abierto, generalmente cerca de la costa o en áreas elevadas y remotas, lo que puede limitar su uso en áreas densamente pobladas.
3. Impacto ambiental: aunque la energía eólica es una fuente de energía limpia y renovable, la construcción de turbinas eólicas y su infraestructura asociada pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la vida silvestre, especialmente si se construyen en áreas sensibles.
4. Costo inicial elevado: aunque el costo de la energía eólica ha disminuido en los últimos años, todavía puede ser más costoso que otras fuentes de energía, como los combustibles fósiles. Además, la construcción y mantenimiento de la infraestructura necesaria para generar y distribuir la energía eólica puede ser costoso.

Energía Solar



La energía solar tiene algunas limitaciones que pueden dificultar su uso a gran escala como reemplazo de las energías fósiles. Algunas de estas limitaciones incluyen:

1. Dependencia de la ubicación y clima: la energía solar depende de la exposición al sol, lo que significa que su disponibilidad y eficiencia varían según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. En áreas con menos sol o con muchos días nublados, la energía solar puede ser menos efectiva.
2. Costo inicial elevado: aunque los costos de la energía solar han disminuido en los últimos años, el costo inicial de la instalación de paneles solares todavía puede ser alto en comparación con otras fuentes de energía. Además, la construcción y mantenimiento de la infraestructura necesaria para generar y distribuir la energía solar también pueden ser costosos.
3. Problemas de almacenamiento de energía: la energía solar se produce durante el día, pero la demanda de energía a menudo es mayor por la noche. Esto significa que se necesitan soluciones de almacenamiento de energía eficaces para aprovechar al máximo la energía solar, y las tecnologías de almacenamiento de energía todavía están en desarrollo.
4. Impacto ambiental: aunque la energía solar es una fuente de energía limpia, la producción de paneles solares puede tener un impacto negativo en el medio ambiente, ya que requiere el uso de materiales como el silicio, que deben extraerse y procesarse.

Energía Hídrica



Es una fuente de energía renovable, que muestra algunas limitaciones que pueden dificultar su uso a gran escala como reemplazo de las energías fósiles. Algunas de estas limitaciones incluyen:

1. Dependencia de la ubicación y clima: la energía hidráulica depende de la disponibilidad de agua en ríos y embalses, lo que significa que su eficiencia y capacidad de generación de energía pueden verse afectadas por la sequía o las fluctuaciones estacionales de la precipitación. Además, la ubicación geográfica puede limitar la disponibilidad de ríos o embalses adecuados para la generación de energía hidroeléctrica.
2. Impacto ambiental: aunque la energía hidroeléctrica es una fuente de energía limpia, la construcción de presas y la alteración del curso natural del agua pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la vida silvestre. Además, la alteración del flujo de agua puede afectar a los ecosistemas y los ciclos naturales del agua, especialmente en zonas de inundación.
3. Costo inicial elevado: aunque los costos de la energía hidroeléctrica son relativamente bajos en comparación con otras fuentes de energía renovable, la construcción de presas y centrales hidroeléctricas puede ser costosa. Además, la infraestructura necesaria para transportar la energía hidroeléctrica a través de la red eléctrica también puede ser costosa.
4. Limitaciones de capacidad: la generación de energía hidroeléctrica tiene una capacidad limitada y no puede ajustarse fácilmente a la demanda fluctuante de energía. Esto significa que se necesitan sistemas de respaldo para mantener el suministro constante de energía cuando la demanda supera la capacidad de generación hidroeléctrica.

Energía Geotérmica



Algunas de estas limitaciones incluyen:

1. Disponibilidad geográfica limitada: la energía geotérmica depende de la presencia de recursos geotérmicos, como reservorios de agua caliente subterráneos, lo que significa que su capacidad de generación de energía puede ser limitada por la ubicación geográfica.
2. Costos iniciales elevados: la construcción de instalaciones de energía geotérmica puede ser costosa, especialmente si se requiere la perforación profunda del subsuelo para llegar a los recursos geotérmicos. Además, el mantenimiento y la reparación de los equipos y sistemas de energía geotérmica también pueden ser costosos.
3. Riesgos geológicos: la exploración y la extracción de energía geotérmica pueden presentar riesgos geológicos.
4. Limitaciones de capacidad: la generación de energía geotérmica tiene una capacidad limitada y no puede ajustarse fácilmente a la demanda fluctuante de energía. Esto significa que se necesitan sistemas de respaldo para mantener el suministro constante de energía cuando la demanda supera la capacidad de generación geotérmica.

Energía Mareomotriz



Casi todos los proyectos están en fase de experimentación. Algunas de estas limitaciones incluyen:

1. Disponibilidad geográfica limitada: la energía mareomotriz solo se puede generar en áreas costeras con mareas significativas. Esto significa que su capacidad de generación de energía puede ser limitada por la ubicación geográfica.
2. Costos iniciales elevados: la construcción de instalaciones de energía mareomotriz puede ser costosa, especialmente si se requiere la construcción de estructuras costeras y la instalación de equipos y sistemas de generación de energía.
3. Impacto ambiental: la construcción de instalaciones de energía mareomotriz puede tener un impacto ambiental negativo en los ecosistemas costeros, como la alteración del hábitat de las especies marinas y la interrupción de los procesos naturales de sedimentación y erosión.
4. Limitaciones de capacidad: la generación de energía mareomotriz tiene una capacidad limitada y no puede ajustarse fácilmente a la demanda fluctuante de energía. Esto significa que se necesitan sistemas de respaldo para mantener el suministro constante de energía cuando la demanda supera la capacidad de generación mareomotriz.

Eficiencia energética

Los avances en eficiencia energética han sido enormes, pero, como fruto de la *Paradoja de Jevons*,³² esos avances no han supuesto un descenso en el consumo total de energía sino un gran aumento.

En definitiva, podemos concluir que no resulta posible, ni siquiera con una inversión extraordinaria en todas las “alternativas” al petróleo, sustituir totalmente su gran riqueza energética y sus muchos usos.

³² El efecto rebote, o más comúnmente la *Paradoja de Jevons*, denominada así por su descubridor William Stanley Jevons, afirma que a medida que el perfeccionamiento tecnológico aumenta la eficiencia con la que se usa un recurso, es más probable un aumento del consumo de dicho recurso que una disminución. Concretamente, la paradoja de Jevons implica que la introducción de tecnologías con mayor eficiencia energética puede, a la postre, aumentar el consumo total de energía.

No es posible que se pueda mantener nuestra civilización industrial sostenida exclusivamente por energías renovables y menos que pueda tener la impronta expansiva que ha caracterizado la era de los combustibles fósiles.

A largo plazo, no está claro que pueda mantenerse el sobreconsumo energético actual con fuentes alternativas y no digamos extenderlo igualitariamente a 8 o 9 mil millones de personas.

El abandono de las fuentes energéticas de origen fósil por fuentes renovables y limpias pone también sobre el tapete una cuestión central del sistema energético: su centralización o descentralización. Tal como lo ha señalado Hermann Scheer:³³

La base del conflicto energético es que los proveedores de energía convencional luchan para mantener el monopolio de la provisión de energía. Pero este monopolio no se puede mantener si se quiere una verdadera reorientación hacia energías renovables y una eficiente cogeneración [la cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil; N.T]. Ambas requieren estructuras descentralizadas, y también pasar de unas pocas inversiones enormes, con pocos propietarios, a una estructura mucho más pluralista, con muchos medianos y pequeños inversores, que en suma remplazan las pocas, pero enormes inversiones actuales. Esto define en el fondo el conflicto energético. Esta cuestión siempre se esquiva utilizando argumentos sobre la viabilidad económica o la factibilidad tecnológica de las demás opciones. Estos argumentos son casi siempre sospechosos de ocultar algo o revelan un doble rasero.

Se requieren energías renovables, ahorro energético y -fundamentalmente- se requiere aprender a VIVIR DE OTRA MANERA.

Productivismo-Fósiles: una pareja explosiva

El productivismo y los combustibles fósiles conformaron una singular pareja que - en permanente interacción y retroalimentación - condujeron a una desenfrenada expansión económica y tecnológica; a un crecimiento exponencial de todas las variables económicas y a un decrecimiento exponencial de los recursos naturales y los servicios ambientales que no solo hacen posible la actividad económica, sino la vida misma en nuestro Planeta.

Luego de tres siglos de convivencia, hoy aparecen inequívocas señales de una crisis de impredecibles consecuencias: mientras los combustibles fósiles marchan decidida e inevitablemente a su cenit; el productivismo - preso de su propio impulso - ha adquirido una dinámica de infinito crecimiento que le impide detenerse e incluso ralentizar su marcha.

³³ Cambio climático y energías alternativas Entrevista (2007). Documento electrónico: <https://www.sinpermiso.info/textos/cambio-climtico-y-energias-alternativas-entrevista>

Frente a lo anterior, la tecnoburocracia política y empresarial vive obsesionada con satisfacer el irracional e insaciable apetito del productivismo, apelando para ello a la búsqueda de combustibles fósiles no convencionales (de alto impacto socioambiental y muy bajas tasas de retorno energético),³⁴ mega emprendimientos hidroeléctricos o, en estado desesperante, abriendo la caja de Pandora de la energía nuclear; sin percatarse que – como lo afirma Fritjof Capra:³⁵

en nuestra situación actual, extremadamente desequilibrada, más energía no resolvería nuestros problemas, sino que, por el contrario, los empeoraría. No sólo aceleraría el agotamiento de nuestros minerales y metales, de nuestros bosques y de nuestras reservas ícticas, sino que también acarrearía más contaminación, más envenenamientos químicos, más injusticia social, más cáncer y más delictividad.

Para Mariano Marzo:³⁶ *si no se cuestiona el modelo actual de crecimiento socioeconómico, las energías renovables no cubren la demanda existente. Y cambiar el modelo económico es imposible...*

A largo plazo, no está claro que pueda mantenerse el sobreconsumo energético actual con fuentes alternativas y no digamos extenderlo igualitariamente a 8 o 9 mil millones de personas.

No necesitamos más y más energía, lo que necesitamos es detener la sinrazón del productivismo.

La urgente y necesaria transición energética

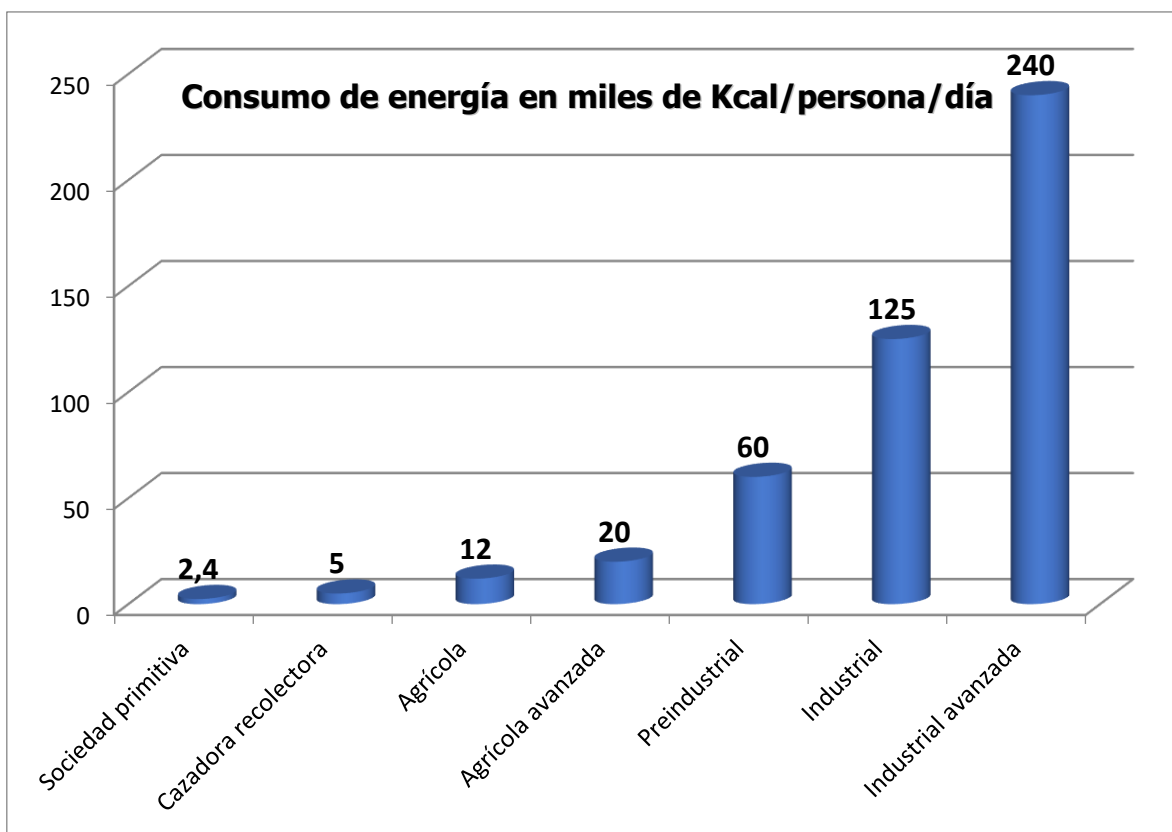
Hoy el eje de la lucha social se ha trasladado a un campo poco frecuente. Un campo en el que se discute cual será el modelo energético postindustrial. Si bien ha cambiado el campo, los actores siguen siendo los mismos. Por un lado, están quienes detentan el poder económico mundial y, por ende, el poder político y propagandístico del sistema productivista en el que vivimos. Por el otro lado se encuentra la inmensa mayoría de los habitantes de este planeta. El enfrentamiento promete ser encarnizado, ya que en este escenario unos pocos lucharán por mantener sus privilegios, mientras que las grandes mayorías lo harán - literalmente - por la supervivencia.

Los diferentes cambios de modelo energético siempre implicaron un mayor consumo de energía.

³⁴ Para los combustibles fósiles “no convencionales” la TRE varían entre 0,7 y 13,3.

³⁵ Capra, F. (1982). *El punto crucial. Ciencias, sociedad y cultura naciente*. Barcelona: Integral Ediciones.

³⁶ Citado por Jorge Riechmann en “Modelos energéticos, modelos de sociedad” (2007), documento electrónico: <http://istas.net/descargas/Modelos%20energ%C3%A9ticos,%20modelos%20de%20sociedad.pdf>



Fuente: Roberto E. Cunningham, La energía, historia de sus fuentes y transformaciones

El nuevo modelo - al que identificaremos como “postindustrial” – deberá ser capaz de dar satisfacción a nuevas necesidades en un marco de creciente escaseces, un modelo que por primera vez implicará consumir menos energía. Es esta una de las razones por las cuales la transición energética jugará un papel central en un cambio mayor como lo es la salida de la sociedad productivista/consumista hacia un nuevo sistema social, convivencial y verdaderamente sostenible.

La transición energética le plantea a la humanidad una disyuntiva crucial entre sociedad *hiperenergética* o *hipoenergética*. Ello significa optar por consumir hasta el último metro cúbico de petróleo, gas natural y carbón; agudizar la inseguridad alimentaria con el uso intensivo de granos para la producción de combustibles y relanzar la energía nuclear - a una escala nunca imaginada; todo lo cual supone guerra contra la naturaleza y contra la humanidad futura. O - por el contrario - optar por una sociedad hipoenergética, que implica abandonar el sueño de un infinito crecimiento económico en un mundo finito; redefinir el concepto de progreso, entendiéndolo como una forma de adaptación a aquellos límites naturales que no deben ser rebasados y - en definitiva – implica aprender a vivir de otra manera.

La energía de los combustibles fósiles, que obviamente viene del sol, ha estado acumulada en la Tierra durante cientos de millones de años y al extraerla y gastarla de golpe es como si, de repente, hubiésemos dejado de depender de un exiguo salario mensual para empezar a

gastar la herencia de la abuela millonaria. Jeffrey Dukes,³⁷ considera que los combustibles fósiles desarrollados a partir de antiguos depósitos de material orgánico son una gran reserva de energía solar, a partir de la cual, la sociedad moderna satisface más del 80 % de sus necesidades energéticas actuales. Dukes, utilizando datos biológicos, geoquímicos e industriales publicados, estimó la cantidad de carbono fijado y almacenado fotosintéticamente que se requirió para formar el carbón, el petróleo y el gas que estamos quemando hoy llegando al siguiente resultado:

El promedio actual de galones estadounidenses (3,8 L) de gasolina requiere aproximadamente 90 toneladas métricas de materia vegetal antigua como material precursor. Los combustibles fósiles quemados en 1997 se crearon a partir de materia orgánica que contenía 44×10^{18} g C, que es >400 veces la productividad primaria neta (PPN) de la biota actual del planeta. A medida que disminuyen las reservas de energía solar antigua, es probable que los humanos utilicen una proporción cada vez mayor de los recursos solares modernos. Estimo conservadoramente que reemplazar la energía que los humanos obtienen de los combustibles fósiles con energía de biomasa moderna requeriría el 22% de la PPN terrestre, aumentando la apropiación humana de este recurso en ~50%.

Apoyándose en los resultados del trabajo de Dukes, Riechmann,³⁸ afirma que:

En el muy ineficiente proceso de convertir biomasa prehistórica en petróleo o gas natural, para llegar a un galón de gasolina (que procede de 4,87 kilogramos de petróleo) fueron necesarias nada menos que 98 toneladas de biomasa prehistórica [...] sólo este cálculo evidencia que la idea de que podemos simplemente reemplazar la herencia fósil --y la extraordinaria densidad energética que nos da-- por energía de la biomasa, constituye un enorme autoengaño... a largo plazo, no está claro que pueda mantenerse el sobreconsumo energético actual con fuentes alternativas. Y no digamos extenderlo igualitariamente a ocho o nueve mil millones de personas...

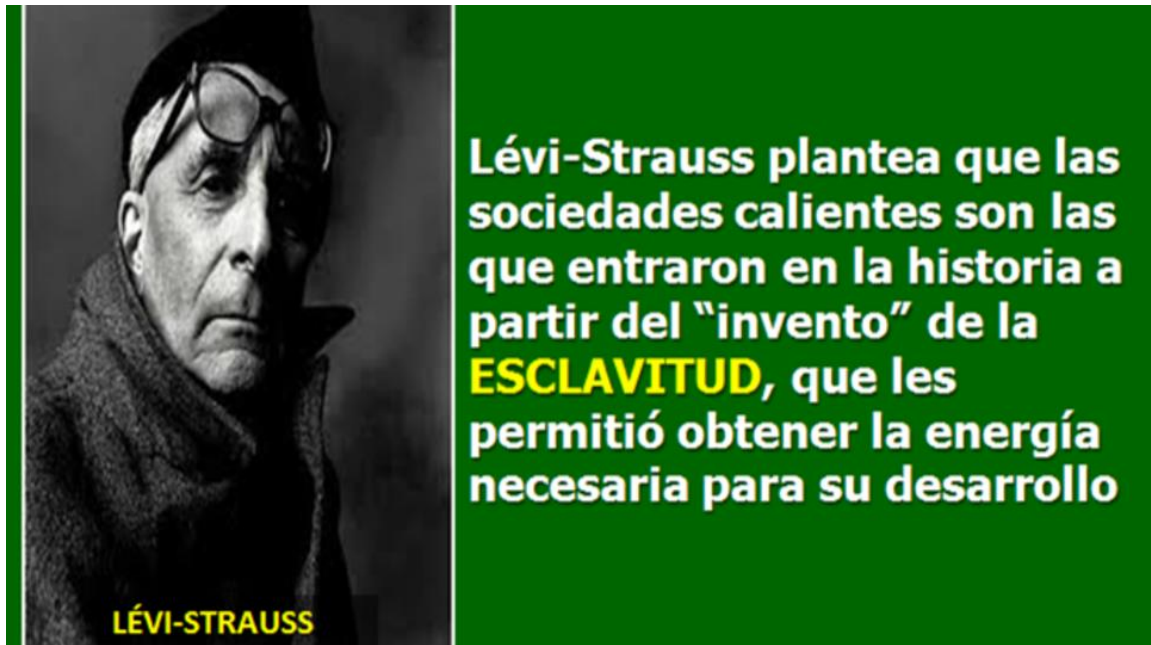
Desde el punto de vista físico no hay diferencia entre el trabajo de un ser humano y el realizado por una máquina. Se estima que el trabajo de un ser humano es equivalente a 100 *watios* a partir de lo cual resulta posible traducir el consumo energético de las máquinas como el equivalente en fuerza de trabajo humano, denominándolas como “*esclavos energéticos*”.³⁹ Bajo esta mirada también se puede dimensionar nuestro exorbitante consumo energético,

³⁷ Dukes, J.S. (2003): *Burning Buried Sunshine: Human Consumption of Ancient Solar Energy*. *Climatic Change* 61, 31–44. Citado por Jorge Riechmann en “Modelos energéticos, modelos de sociedad” (2007), documento electrónico:

<http://istas.net/descargas/Modelos%20energ%C3%A9ticos,%20modelos%20de%20sociedad.pdf>

³⁸ Riechmann, J. (2007). Modelos energéticos, modelos de sociedad, documento electrónico: <http://istas.net/descargas/Modelos%20energ%C3%A9ticos,%20modelos%20de%20sociedad.pdf>

³⁹ Una televisión equivale a 2 esclavos energéticos; un lavarropas a 15 esclavos; un automóvil a 1600 esclavos y un Boeing 747-400 equivale a 2 millones de esclavos energéticos.



Riechmann (2007) menciona que:

En la Atenas clásica, había unos 300.000 esclavos trabajando para 34.000 ciudadanos libres: casi diez para cada uno. En la Roma imperial, 130 millones de esclavos les facilitaban la vida a 20 millones de ciudadanos romanos. Pues bien: en los años noventa del siglo XX, el habitante promedio de la Tierra tenía a su disposición 20 “esclavos energéticos” que no cesaban un instante de trabajar (es decir: ese habitante promedio empleaba la energía equivalente a 20 seres humanos que trabajasen 24 horas al día, 365 días al año).

En la actualidad, a nivel mundial, los combustibles fósiles proporcionan el equivalente a 140.000 millones de esclavos energéticos para una población de 8000 millones de habitantes. No obstante, se debe señalar que el promedio de 17,5 esclavos energéticos *per cápita* es muy engañoso en tanto un norteamericano medio, en los años noventa del siglo XX, se servía de 75 “esclavos energéticos”, mientras que en Bangladesh cada habitante tenía a su disposición menos de uno.

Frente a estos, tan elevados como injustos, niveles de consumo de energía, Riechmann (2007) advierte:

El trabajo maquinístico en la sociedad industrial contemporánea se basa en la depredación acelerada de un “capital natural” irremplazable, una parte del cual son los depósitos, acervos o stocks de combustibles fósiles y minerales valiosos (acervos de materia-energía de baja entropía). Por eso el trabajo maquinístico de hoy —que alivia la esclavitud presente, al menos en el Norte del planeta— está proyectando daño, y quizá otras formas de esclavitud, hacia el futuro.

Para el ecologismo resulta claro que no es posible aspirar a vivir con 75 esclavos energéticos *per cápita* ni es sostenible el actual promedio mundial de 17,5 esclavos

energéticos *per cápita*. El desafío consiste, como lo propone Riechmann, en aprender a vivir bien solamente con cuatro o cinco esclavos energéticos, si es que los límites de sostenibilidad están ahí.

Reducir la esclavitud energética en beneficio de las generaciones humanas futuras y de los demás seres vivos con quienes compartimos la biosfera; y también, de forma menos directa, en nuestro propio beneficio; así sería una sociedad ecologizada, una sociedad sin esclavitud, en la que, como lo afirma Riechmann, se cumpliría el viejo sueño de “la *polis* griega, pero sin esclavos” que enunció el filósofo Max Horkheimer. Riechmann también cita a Naredo:⁴⁰

En Ática venía a haber unos tres esclavos por persona libre, dedicándose por término medio dos tercios de ellos a la agricultura, las minas y canteras, las artesanías o el transporte, y el tercio restante a tareas domésticas o de compañía. Debe llamar a reflexión la paradoja de que, en la antigua Grecia, con tres esclavos por persona, los ciudadanos libres conseguían evitar las tareas serviles e incluso pretendían escapar con éxito, de acuerdo con varios pensadores de la época, del reino de la necesidad, mientras que hoy, en nuestro país, utilizamos más de cuarenta ‘esclavos mecánicos’ *per cápita* y nos sentimos cada vez más empeñados en realizar un trabajo dependiente: es como si necesitáramos esclavizarnos cada vez más para comprar los servicios de un mayor número de esclavos o acumular las riquezas necesarias para ello.

Impulsar el proceso de transición energética se ha transformado entonces en una lucha por cambiar nuestra insostenible forma de vida. No se trata solamente de un cambio de fuentes, sino de un profundo cambio de paradigmas.

Transición energética: evolución o decadencia

La fragilidad del modelo energético fosilista y la creciente preocupación por las consecuencias del cambio climático global han configurado un escenario en el que - año a año - nuestro actual modelo energético disminuirá su oferta de energía neta.

Para Heinberg,⁴¹ con los combustibles fósiles - particularmente con el petróleo:

a una parte de la raza humana se le dio un golpe de suerte de riqueza y decidió dilapidar esa riqueza organizando una fiesta extravagante... Pero pronto la fiesta será un recuerdo lejano - no porque alguien decidió hacer caso a la voz de la moderación, sino debido a que el vino y la comida se han acabado y la dura luz de la mañana ha llegado.

⁴⁰ José Manuel Naredo, *Raíces económicas del deterioro ecológico y social –Más allá de los dogmas*, Siglo XXI, Madrid 2006, p. 156

⁴¹ Heinberg, R. (2006). *Se acabó la Fiesta: guerra y colapso económico en el umbral del fin del petróleo*. Barrabes Editorial, Barcelona.

Heinberg se pregunta cuándo – exactamente - se acabará la fiesta, y afirma que son seis los eventos vinculados que pueden considerarse como indicadores del final de este intervalo histórico en el que dilapidamos una fuente inigualable de energía: el pico de la producción mundial de energía *per cápita*; el pico en la extracción mundial de petróleo; el pico en la disponibilidad global de energía neta; el pico mundial de la producción bruta de energía de todas las fuentes; el colapso de la economía global alimentada por el petróleo y el colapso de las redes eléctricas.



Algunos de estos eventos ya se han concretado y otros se encuentran próximos a hacerlo, preanunciando la salida del modelo hiperenergético fosilista/nuclear - caracterizado por sistemas centralizados con grandes infraestructuras de generación y distribución – hacia un modelo postindustrial hipoenergético, caracterizado por sistemas descentralizados, basados en el empleo de fuentes renovables y limpias,

eficiencia energética y la proximidad al consumidor final, tanto en la generación como en la distribución.

Ignorar la existencia de este proceso de cambio; no comprender su real significado; no adecuarse a él y por el contrario, aferrarse tercamente a un modelo energético que colapsa, apelando a las fuentes fósiles no convencionales y a la energía nuclear - tal como lo hacen la mayor parte de los economistas de la corriente principal y los políticos tradicionales, que coinciden en cultivar un irresponsable optimismo cornucopista - resulta una actitud extemporánea, anacrónica y extremadamente peligrosa que conducirá a la decadencia económica y social. Frente a esta situación, como lo plantea Heinberg, cada día es más urgente y necesaria

una respuesta cooperativa, solidaria e inteligente, que logre minimizar el sufrimiento humano en el corto plazo y, a largo plazo, permita a las generaciones futuras desarrollar sociedades sostenibles, materialmente modestas y que afirmen las cualidades más altas y mejores de la naturaleza humana.

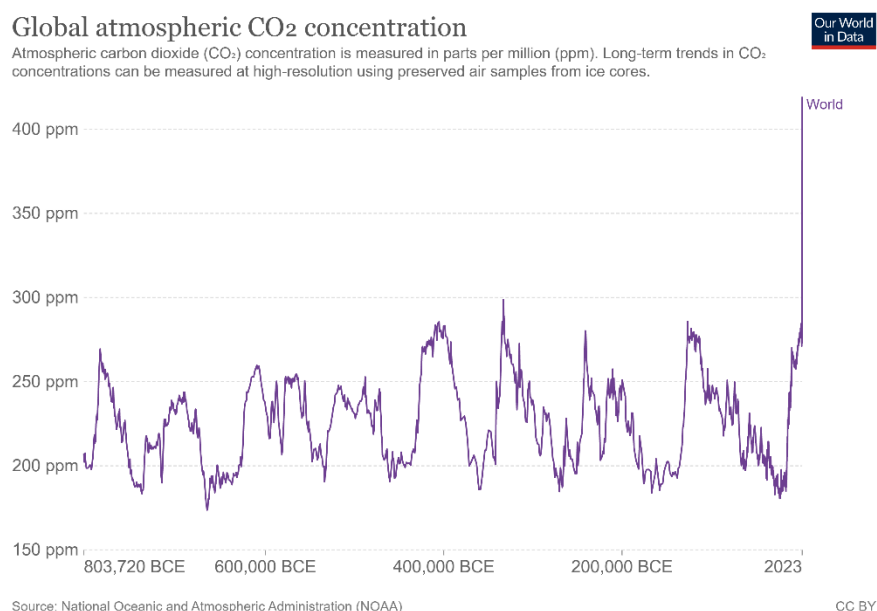
El cambio climático global

El efecto invernadero, originado por la acumulación de los denominados Gases Efecto Invernadero (GEI's),⁴² es el que creó condiciones climáticas aptas para la vida en el planeta, definiendo que sus temperaturas medias rondan los 15°C. Pensemos que, en Marte, donde todo el CO₂ está en el suelo, las temperaturas atmosféricas rondan los -50°C, en tanto que, en Venus, donde el CO₂ constituye el 96% de su atmósfera, las temperaturas

⁴² Por "Gases de Efecto Invernadero" (GEI's) se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja. Entre ellos, al CO₂ se le asigna una acción relativa igual a 1 y su contribución real es del 76%. Otros GEI's son el CH₄; el N₂O y CFC's.

rondan los 420°C. No obstante, desde la primera transición termo-industrial iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII, aproximadamente en 1760, comenzaron a aumentar significativamente las emisiones de GEI's debido al aumento en la quema de combustibles fósiles para la producción industrial y el transporte. La quema de carbón, petróleo y gas natural liberó grandes cantidades de dióxido de carbono, metano y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Las concentraciones actuales de CO₂, tal como se aprecia en el siguiente gráfico elaborado por *Our World in Data*,⁴³ no han sido superadas en los últimos 800.000 años y, probablemente, tampoco en los últimos 20 millones de años.

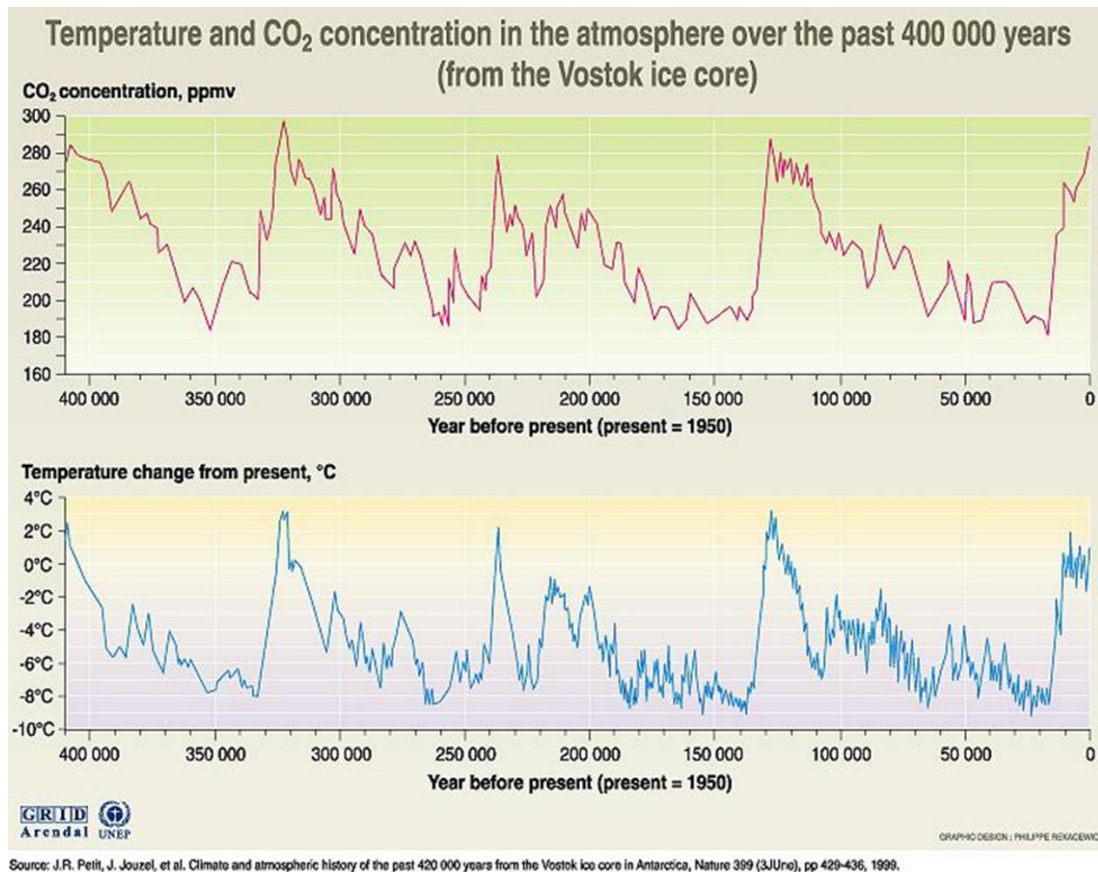


Las emisiones antropogénicas de CO₂ se originan, fundamentalmente, en la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso del suelo, particularmente: la deforestación.

Los modelos utilizados para el estudio del clima señalan una estrecha relación entre las concentraciones atmosféricas de GEI's y los cambios observados.

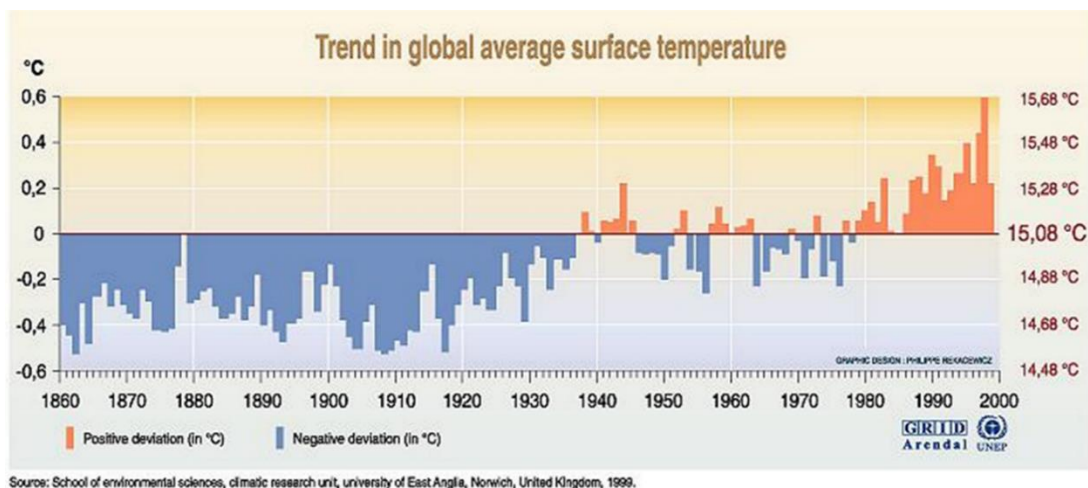
El siguiente gráfico muestra la fuerte correlación entre las concentraciones atmosféricas de CO₂ y las temperaturas.

⁴³ *Our World in Data* es un sitio web es una iniciativa de la Universidad de Oxford. Los datos presentados en el sitio web provienen de una variedad de fuentes confiables, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y otras organizaciones internacionales.



Tal es el nivel de emisiones antropógenas de GEI's que, pese a la absorción de los sumideros naturales (océanos y suelos) las concentraciones de CO₂ en la atmósfera siguen aumentando en torno a un 0,4% anual.

La temperatura global media en la superficie terrestre se ha incrementado a lo largo del siglo XX en $0,6 \pm 0,2$ °C

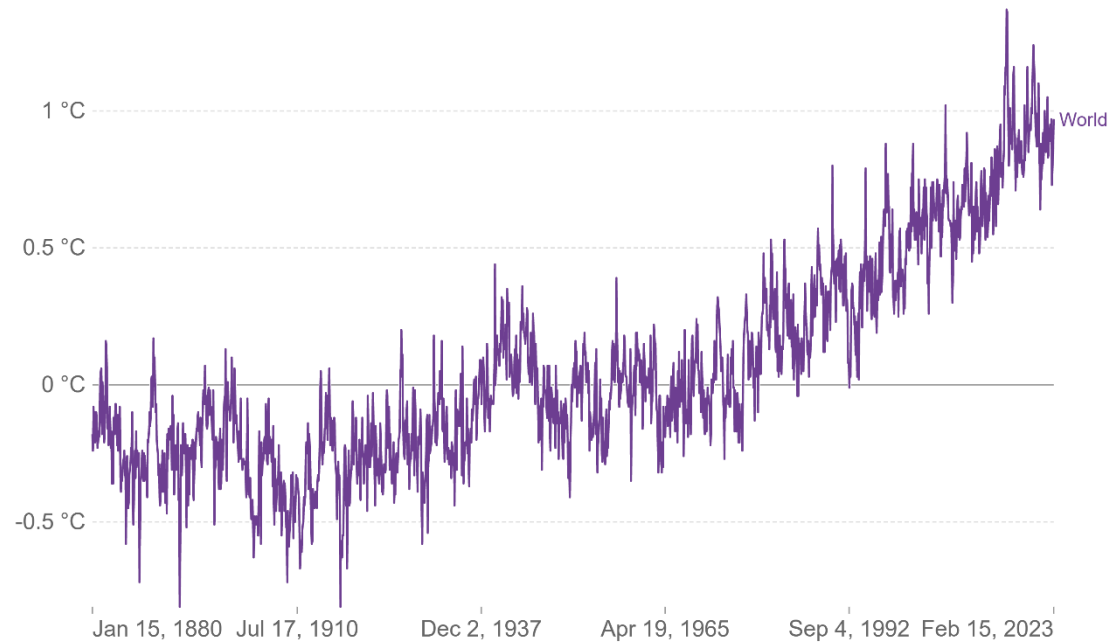


Los datos disponibles para el siglo XX confirman que han aumentado las temperaturas globales en la superficie de nuestro planeta; ha aumentado la frecuencia de ciertos fenómenos climáticos extremos; ha retrocedido la extensión de los hielos y los glaciares y ha subido el nivel del mar. Algunos de estos cambios pueden apreciarse en los siguientes gráficos elaborados por *Our World in Data*.

Global warming: monthly temperature anomaly

The combined land-surface air and sea-surface water temperature anomaly is given as the deviation from the 1951–1980 mean.

Our World
in Data



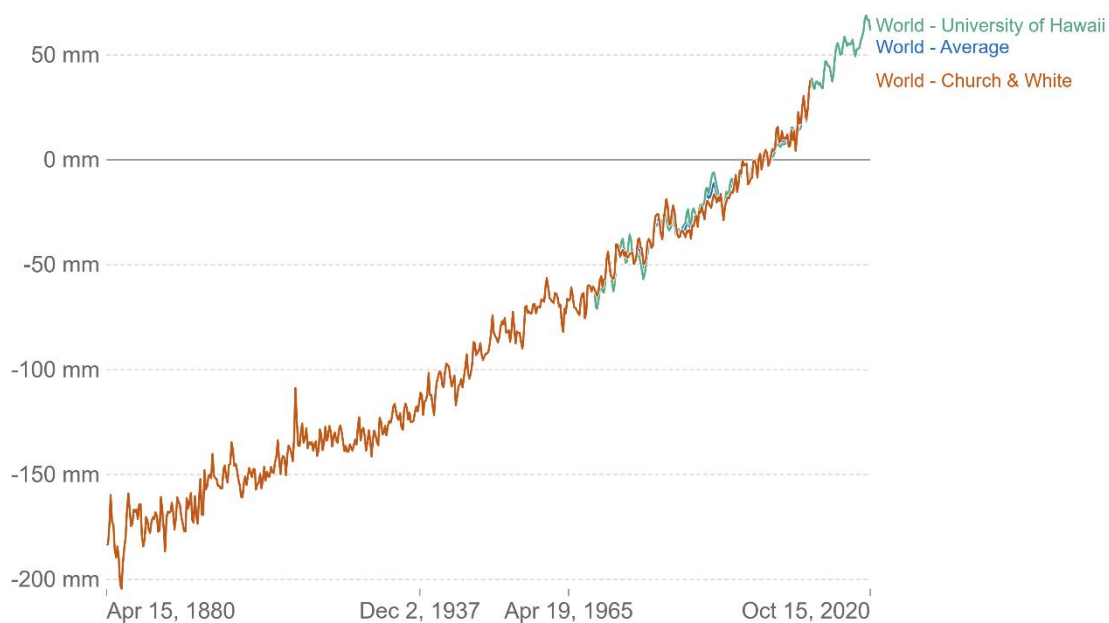
Source: National Aeronautics and Space Administration (NASA), Goddard Institute for Space Studies (GISS)

CC BY

Sea level rise

Our World
in Data

Global mean sea level rise is measured relative to the 1993 - 2008 average sea level. This is shown as three series: the widely-cited Church & White dataset; the University of Hawaii Sea Level Center (UHLSC); and the average of the two.



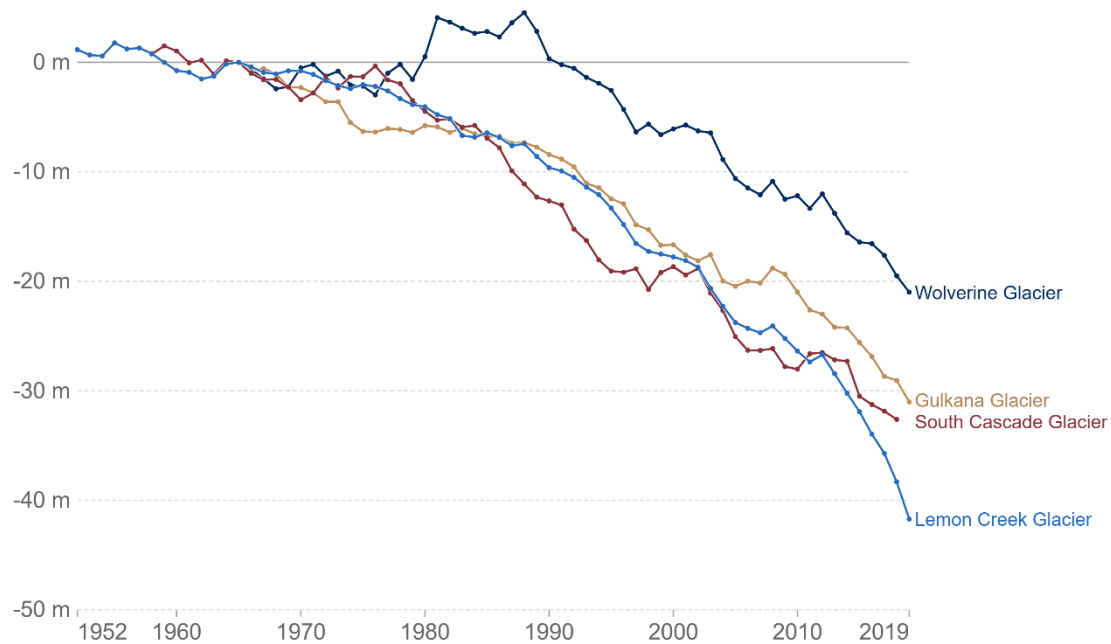
Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

CC BY

Climate change: change of mass of US glaciers

Cumulative mass balance of U.S. reference glaciers, relative to the base year 1965. This is given in meters of water equivalent, which represent changes in the average thickness of a glacier.

Our World
in Data



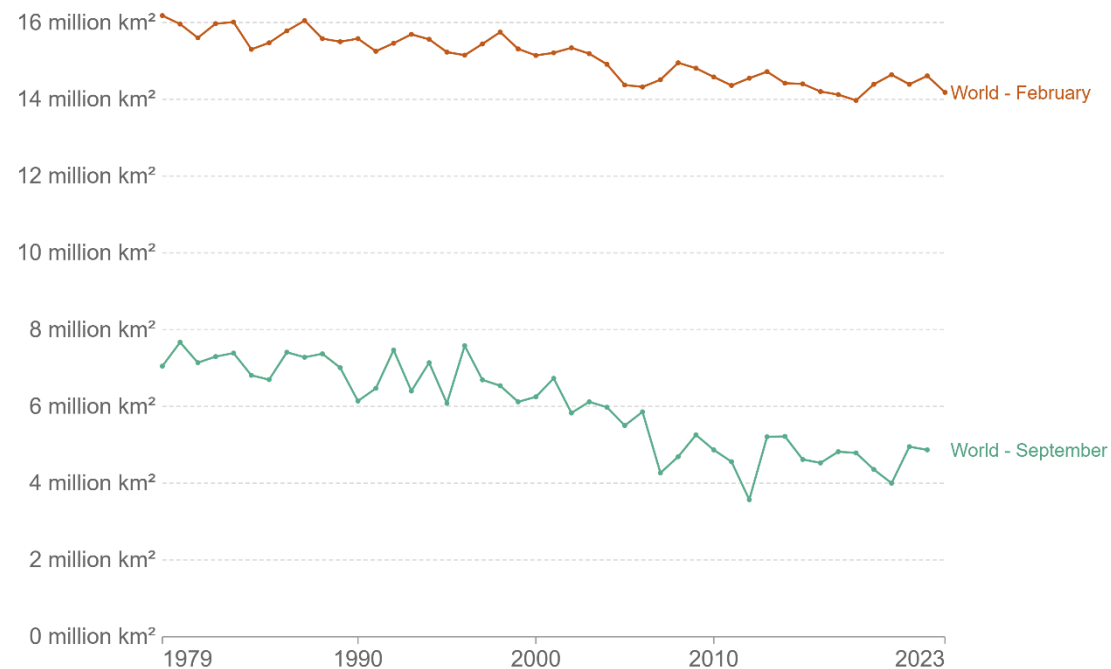
Source: United States Environmental Protection Agency (EPA)

CC BY

Climate change: Arctic sea ice extent

The minimum and maximum sea ice extent typically occur in February and September each year.

Our World
in Data



Source: NSIDC (National Snow and Ice Data Center) via NASA

CC BY

La evaluación más actualizada del cambio climático la encontramos en el *Sexto Informe de Evaluación* (AR6) elaborado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y publicado en tres partes entre agosto de 2021 y agosto de 2022.

La Parte 1 del informe, publicada en agosto de 2021, se centró en la ciencia física del cambio climático. Concluyó que las actividades humanas, en particular la quema de combustibles fósiles, han causado de manera inequívoca el calentamiento global y que la Tierra ya está experimentando los impactos de este calentamiento, como olas de calor, sequías y aumento del nivel del mar. El informe también proyectó que es probable que las temperaturas globales alcancen 1,5°C por encima de los niveles preindustriales dentro de la próxima década, lo que tendrá consecuencias significativas para los ecosistemas y la humanidad. Además, el informe señaló que la ventana de oportunidad para limitar el calentamiento global a 1,5°C se está cerrando rápidamente y se necesitan medidas urgentes y ambiciosas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los impactos del cambio climático global

Entre las consecuencias de las interferencias antropógenas en el sistema climático global se puede esperar que: sequías e inundaciones se tornen más frecuentes (alta probabilidad) con inundaciones que aumentarán las cargas de sedimentos y degradarán la calidad del agua en algunas áreas; los rendimientos de las cosechas caigan en muchas áreas; la agricultura de subsistencia se vea amenazada en algunas regiones; se produzca un descenso en la disponibilidad de agua para la población en muchas regiones, particularmente en las subtropicales; el descongelamiento de las nieves eternas en las regiones subpolares afecte la estabilidad de los suelos causando severos daños en las infraestructuras: carreteras, autopistas, edificios y aeropuertos; las pérdidas y retrocesos de los glaciares impacten adversamente el escurrimiento y el abastecimiento de agua en áreas donde el derretimiento de los glaciares es una importante fuente de agua; el calentamiento de las regiones templadas favorezca el aumento de enfermedades y parásitos que no son comunes en ciertas regiones, afectando a millones de personas que carecen de inmunidad; aumente la incidencia de plagas y enfermedades en la agricultura, reduciendo de esta forma las cosechas; en los asentamientos humanos costeros, las actividades productivas, la infraestructura y los ecosistemas se vean afectados negativamente por el aumento en el nivel del mar; aumente la tasa de pérdida de los componentes de la diversidad biológica y que aumenten en la frecuencia e intensidad los ciclones tropicales con graves consecuencias económicas y sociales.

En 2021, Ferrán Puig Vilar publicó en su *blog* una serie de entregas bajo el título: *Peor de lo esperado: puntos críticos superados, y Gaia en peligro*,⁴⁴ en los que ofrece valiosa información sobre la gravedad del escenario que se ha configurado, gravedad que queda

⁴⁴ Disponible en: <https://ustednoselocree.com/2021/03/06/peor-de-lo-esperado-tps-superados-y-gaia-en-peligro-1-introduccion/>

reflejada en el comunicado de prensa del IPCC,⁴⁵ del 9 de agosto de 2021, en cuyo primer párrafo se podía leer

Según el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), publicado hoy, los científicos están observando cambios en el clima de la Tierra en todas las regiones y en el sistema climático en su conjunto. Muchos de los cambios observados en el clima no tienen precedentes en miles, sino en cientos de miles de años, y algunos de los cambios que ya se están produciendo, como el aumento continuo del nivel del mar, no se podrán revertir hasta dentro de varios siglos o milenios.

Al publicarse el informe del Grupo II del IPCC, sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad, Puig Vilar publicó en su *blog* un artículo titulado: *Los impactos del cambio climático según el IPCC: un llanto por la vida* donde afirma que:⁴⁶

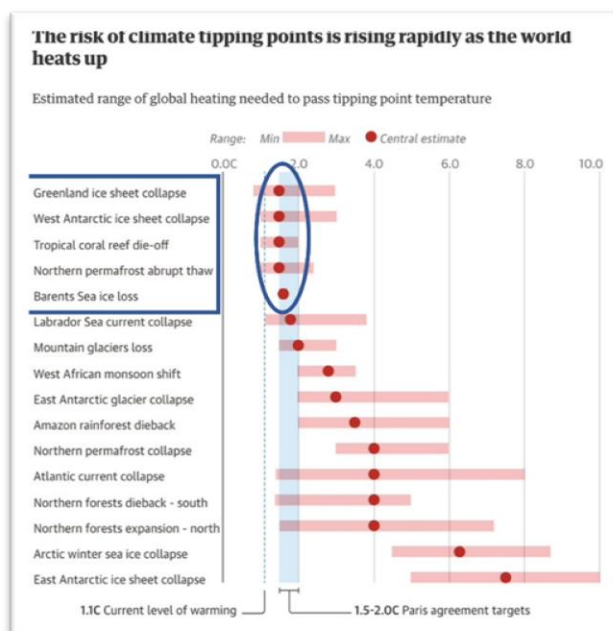
No hace falta sumergirse en el informe completo para quedar realmente espeluznado. Como cabía esperar sigue la pauta del “peor de los esperado”, pero en esta ocasión en grado sumo. Es mucho peor que el informe anterior de 2014. Todos los indicadores se han venido abajo. Los desastres que habían sido anunciados para un incremento de la temperatura de +4 °C ahora ocurrirán a +2 °C, cuando no a 1,5 °C o está ocurriendo ya, y generalizándose... La lista de desastres habidos y por haber es sobrecogedora. La probabilidad de eventos extremos simultáneos y consecutivos es destacada con frecuencia. Una de las novedades a este respecto es la mención a posibles “*extreme sea-level events*”, aumentos bruscos del nivel del mar por episodios de fusión acelerada de los hielos o desplome de grandes masas de hielo de origen continental. Todo está pendiente de un hilo.

Las tendencias indican que marchamos a un calentamiento global autorreforzado y, por lo tanto, descontrolado. Prueba de ello la aporta el Dr. David Armstrong McKay,⁴⁷ quien ha identificado los *tipping points* (puntos críticos o de no retorno) en materia de cambio climático, demostrando que nos encontramos a algunas décimas de grado de alcanzar cinco de dichos puntos, tal como puede apreciarse en el siguiente gráfico.

⁴⁵ Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

⁴⁶ Puig Vilar, F. (2022): *Los impactos del cambio climático según el IPCC: un llanto por la vida*, documento electrónico: <https://ustednoselocree.com/2022/03/01/los-impactos-del-cambio-climatico-segun-el-ipcc-un-llanto-por-la-vida/#more-14404>

⁴⁷ Armstrong McKay D. et al. (2022). *Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points*. *SCIENCE*. 9 Sep 2022 Vol 377



Para tomar cabal conciencia de la grave amenaza que implica la actual interferencia antropogénica en el sistema climático global, resulta ilustrativo lo acontecido hace 55 millones de años con el *Máximo Térmico del Paleoceno Eoceno* (PETM) originado como consecuencia de un proceso de 10.000 años, durante el cual, el metano proveniente de las erupciones volcánicas se combinó con el oxígeno en el océano convirtiéndose en CO₂, lo que aumentó la acidez de los océanos y cuadruplicó las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. El resultado: un aumento repentino de la temperatura global de la Tierra, hasta 8° C en latitudes templadas, los océanos se calentaron desde la superficie hasta las profundidades; originando una disrupción masiva para la vida que duró unos 100.000 años antes de que el CO₂ adicional se reabsorbiera en los sumideros naturales y las temperaturas volvieran a sus niveles originales.

¿Por qué recurrir a esta referencia? Porque nuestro índice actual de emisiones proporcionalmente es 100 veces mayor que en el PETM y ello nos está diciendo que deberemos enfrentar similares consecuencias solo que las mismas se presentarán en una escala de tiempo mucho más corta.⁴⁸

Rockström y un equipo de investigadores,⁴⁹ consideran que las concentraciones atmosféricas de CO₂ no deben exceder las 350 partes por millón en volumen y el forzamiento radiativo no debe exceder 1 watio por metro cuadrado por encima de los niveles preindustriales. Al momento de la publicación de los resultados la concentración de CO₂ era de 387 ppmv y el forzamiento radiativo era de 1,5 W m⁻².

⁴⁸ Durante el PETM, durante 10.000 años se emitieron 5000 GtC. Durante todo el siglo XXI se emitieron 500 GtC esta tasa equivale a emitir en 10.000 años 500.000 GtC, una cantidad 100 veces mayor que en el PETM.

⁴⁹ Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009). *A safe operating space for humanity*, documento electrónico: <https://doi.org/10.1038/461472a>

Tres razones fundamentaron el límite climático propuesto: los modelos climáticos actuales pueden subestimar significativamente la gravedad del cambio climático a largo plazo para una determinada concentración de gases de efecto invernadero; la estabilidad de las grandes capas de hielo polar y la evidencia de que algunos de los subsistemas de la Tierra ya se están moviendo fuera de su estado estable del Holoceno.

Desde 2009, año de publicación del trabajo de Rockström, las concentraciones de CO₂ en la atmosfera han seguido aumentando, alcanzando en febrero 2023 las 420,41 ppmv.⁵⁰

Responsabilidades comunes pero diferenciadas

Our World in Data calculó, para cada país y región, durante el período comprendido entre 1751 y 2017,⁵¹ las emisiones de CO₂ acumuladas en todo el mundo.

Los resultados se muestran en el siguiente *treemap* en el que se comparan países y regiones. Los países se presentan como rectángulos y se agrupan coloreados por región. El tamaño de cada rectángulo corresponde a la suma de las emisiones de CO₂ de un país entre 1751 y 2017. Combinados, todos los rectángulos representan el total global.

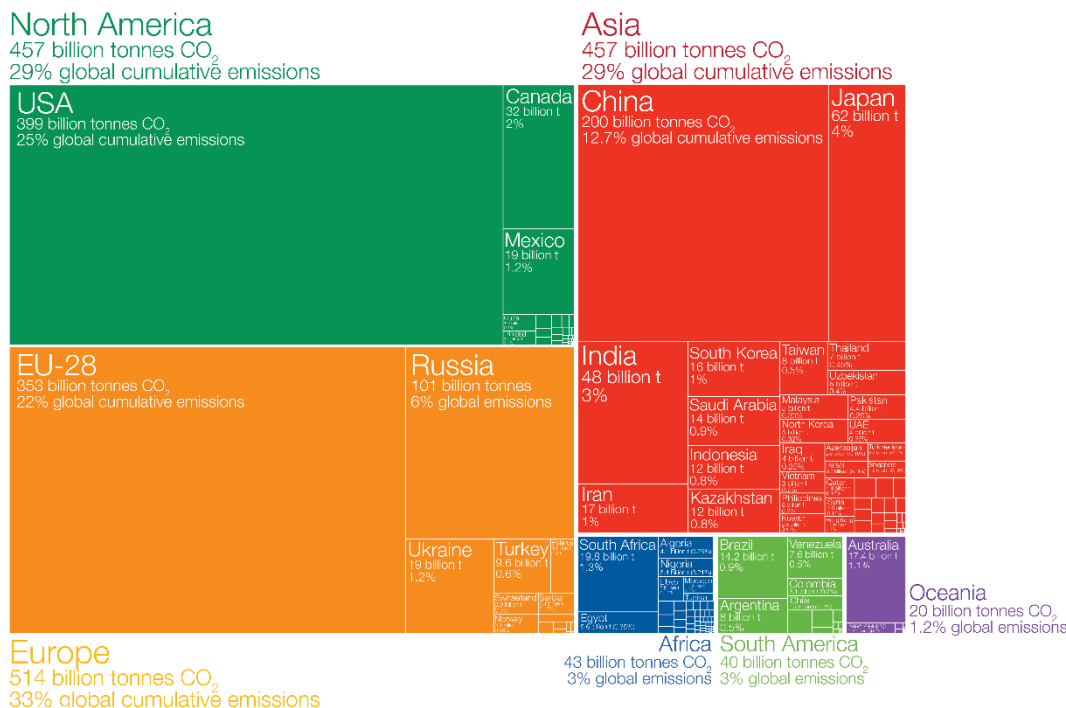
⁵⁰ *Mauna Loa Observatory, Hawaii (NOAA GML)* documento electrónico: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

⁵¹ Las fuentes de datos subyacentes para el CO anual² Los datos de emisiones provienen del *Carbon Dioxide Analysis Center* (CDIAC) y del *Global Carbon Project*.

Who has contributed most to global CO₂ emissions?

Our World
in Data

Cumulative carbon dioxide (CO₂) emissions over the period from 1751 to 2017. Figures are based on production-based emissions which measure CO₂ produced domestically from fossil fuel combustion and cement, and do not correct for emissions embedded in trade (i.e. consumption-based). Emissions from international travel are not included.



Figures for the 28 countries in the European Union have been grouped as the 'EU-28' since international targets and negotiations are typically set as a collaborative target between EU countries. Values may not sum to 100% due to rounding.

Data source: Calculated by Our World in Data based on data from the Global Carbon Project (GCP) and Carbon Dioxide Analysis Center (CDIAC). This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing.

Licensed under CC BY by the author | Hannah Ritchie.

Algunos puntos clave que destaca *Our World in Data* y que se desprenden del gráfico anterior son:

Estados Unidos ha emitido más CO₂ que cualquier otro país hasta la fecha: con alrededor de 400 mil millones de toneladas desde 1751, es responsable del 25% de las emisiones históricas; esto es dos veces más que China, el segundo mayor contribuyente nacional del mundo; los 28 países de la Unión Europea (UE-28), que se agrupan aquí, también son un gran contribuyente histórico con un 22 %; muchos de los grandes emisores anuales actuales, como India y Brasil, no son grandes contribuyentes en un contexto histórico; la contribución regional de África, en relación con el tamaño de su población, ha sido muy pequeña. Esto es el resultado de emisiones *per cápita* muy bajas, tanto históricamente como en la actualidad.

Según los datos de la Agencia Internacional de Energía, en 2019, los países industrializados tuvieron una emisión *per cápita* promedio de 10,4 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), mientras que los países en desarrollo tuvieron una emisión *per cápita* promedio de 3,6 toneladas de CO₂e.

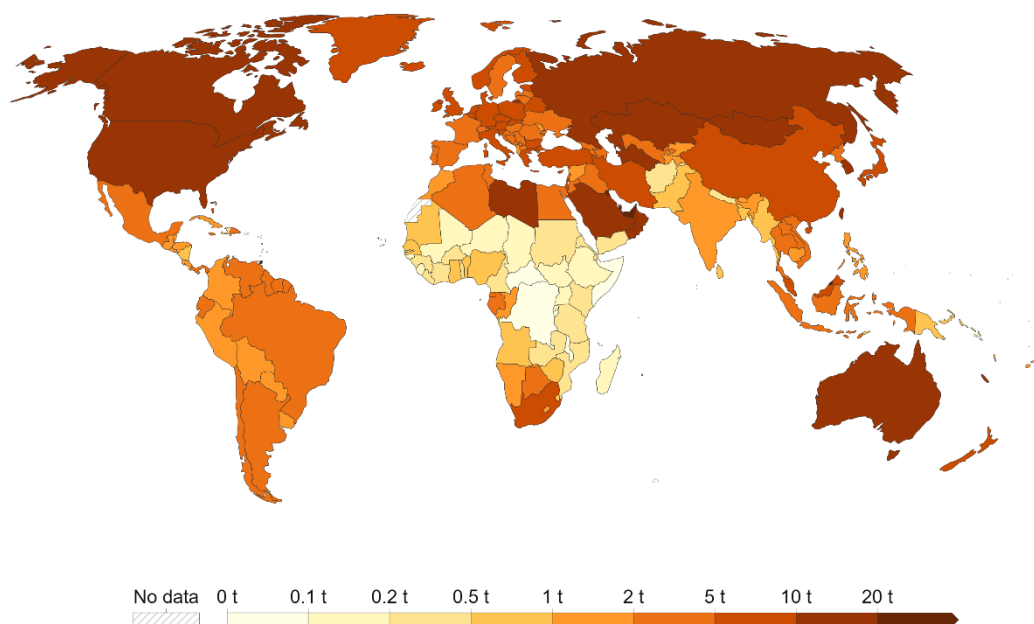
En cuanto a las emisiones totales y según el *Global Carbon Project*, en 2020, los países industrializados emitieron 21,5 gigatoneladas de CO₂, mientras que los países en desarrollo emitieron 14,5 gigatoneladas de CO₂.

La mayor fuente de emisiones de CO₂ de los países industrializados se origina en la producción de energía, procesos industriales y transporte; en tanto que en las emisiones de CO₂ de los países en desarrollo constituyen los usos del suelo y los cambios en el uso del suelo principalmente, la tala de bosques y el cambio de uso del suelo para la agricultura o para urbanizaciones, caminos, etc.

En cuanto a las emisiones *per cápita* se presentan en el siguiente mapa elaborado por *Our World in Data* donde se aprecian las significativas diferencias entre países industrializados y en desarrollo.

Per capita CO₂ emissions, 2021

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land use change is not included.



Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Como consecuencia de todo lo anterior y por el Principio de "*responsabilidades comunes pero diferenciadas*",⁵² corresponde a los países industrializados llevar la principal responsabilidad de reducir las emisiones de CO₂.

No obstante, mediante el *negacionismo* del cambio climático, los poderes económicos y políticos, pretenden evitar cualquier cuestionamiento al modelo fosilista. Estrategia que se ha mostrado "exitosa" si consideramos que en los últimos años se han multiplicado las inversiones en combustibles fósiles, particularmente en hidrocarburos no convencionales y de aguas profundas, justo en sentido contrario a la urgencia de inversiones tendientes a evitar las catastróficas consecuencias de una elevación de las temperaturas medias del planeta de más de 2° C.

Bajo el acostumbrado paraguas del hecho consumado, los poderes económicos han concretado estas siderales inversiones en energías fósiles, pretendiendo llevarnos a un callejón sin salida: *o quemamos todas las reservas de combustibles fósiles para amortizar tales inversiones o se produce la quiebra de la economía mundial*.

El *negacionismo* desplegado contra lo que consideran el "socialismo ecológico" se ha ido imponiendo, hasta tal punto, que la lucha contra el cambio climático fracasa en todos los frentes. El aparato propagandístico de los *carbotraficantes* ha logrado equiparar la lucha contra la "revolución" del *fracking*, con la lucha contra la libertad.

Se hace necesaria la inclusión de este nuevo término: *carbotraficantes*, particularmente a partir de haberse verificado que la industria petrolera conocía perfectamente las consecuencias ecosociales de su producción.

David Suzuki publicó un artículo bajo el título: *Décadas de negación y estancamiento han creado una crisis climática*.⁵³ El artículo de Suzuki arranca a partir de algunas afirmaciones del presidente del Instituto Americano del Petróleo, Frank Ikard, efectuadas en su discurso de 1965 a los miembros del instituto en el que describía los hallazgos de un informe del Comité Asesor Científico del entonces presidente Lyndon Johnson, basado en parte en una investigación que el instituto realizó en la década de 1950.

Decía Ikard:

La esencia del informe es que todavía hay tiempo para salvar a los pueblos del mundo de las consecuencias catastróficas de la contaminación, pero el tiempo

⁵² Se refiere al Principio 7 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992) que dice: *Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.*

⁵³ Documento electrónico: <https://davidsuzuki.org/story/decades-of-denial-and-stalling-have-created-a-climate-crunch/>

se está acabando, y agregaba: Una de las predicciones más importantes del informe es que el dióxido de carbono se está agregando a la atmósfera terrestre mediante la quema de carbón, petróleo y gas natural a un ritmo tal que para el año 2000 el balance de calor se modificará de tal manera que posiblemente cause cambios marcados en el clima más allá de los esfuerzos locales o incluso nacionales.

Impresiona constatar que la industria del petróleo conocía en 1950 lo que podía pasar con las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles.

Es en este punto donde Suzuki al preguntarse *¿Qué sucedió?* pone el acento sobre la cuestión central: la responsabilidad frente a la situación límite en la que nos encontramos y su clara respuesta es la que sigue:

Durante las décadas siguientes, la industria de los combustibles fósiles no intentó resolver lo que sabía que se convertiría en una crisis. En cambio, funcionó para restar importancia y, a menudo, negar la realidad del cambio climático y sembrar dudas y confusión. Poner a sabiendas a la humanidad, y a muchas otras especies, en riesgo por el bien de las ganancias es un crimen intergeneracional contra la humanidad, pero es poco probable que los perpetradores enfrenten la justicia... Si hubiéramos escuchado las advertencias tempranas y los representantes políticos hubieran hecho más que hablar, probablemente podríamos haber abordado el problema con una alteración social mínima. Pero la máquina de negación financiada por la industria, que continúa hoy, ha sido efectiva. La preocupación por el cambio climático y otros problemas ambientales ha disminuido a medida que los problemas se han intensificado. Los políticos continúan pensando en términos de ciclos electorales breves, centrándose en los beneficios a corto plazo de la explotación de combustibles fósiles en lugar de los beneficios a largo plazo de conservar energía y cambiar a fuentes más limpias. Mientras tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero siguen aumentando y los sumideros de carbono, como los bosques y los humedales, siguen siendo destruidos. Incluso si dejamos de usar combustibles fósiles mañana, hemos emitido tanto dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que no podríamos evitar el empeoramiento de las consecuencias que ya están ocurriendo. Pero todavía tenemos tiempo, aunque muy poco, para asegurarnos de que el problema no se convierta en catastrófico. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, que es conservador en sus estimaciones, nos da unos 12 años para tomar medidas decisivas. Y, sin embargo, algunas personas todavía niegan o minimizan el problema, o argumentan que tenemos que cambiar lentamente, aunque parecen reacios a comenzar lo que podría haber sido una transición gradual si hubiéramos comenzado hace medio siglo... Tenemos que hacerlo mejor. Mucha gente, especialmente los políticos, dice que no podemos dejar de utilizar combustibles fósiles de la noche a la mañana. Puede que sea cierto, pero si no empezamos, nunca llegaremos allí... depende de todos nosotros asegurarnos de que cada partido político haga del cambio climático su máxima prioridad y tenga un plan realista para abordarlo.

Reforzando lo anterior, en un estudio publicado en la revista *Science*,⁵⁴ se reveló que los científicos de *ExxonMobil* habían modelizado y predicho el calentamiento global con una exactitud pasmosa pese a lo cual, la empresa desestimó las conclusiones de sus propios científicos sobre el papel de los combustibles fósiles en el cambio climático.

Al referirse a las conclusiones del mencionado estudio, entre otros conceptos y afirmaciones el secretario general de la ONU, Antonio Guterres, en su intervención en el Foro de Davos, destacó que:

Algunos productores de energías fósiles eran totalmente conscientes en los años 1970 de que su producto estrella iba a quemar el planeta. Pero, como la industria del tabaco, hicieron poco caso a su propia ciencia. Algunos gigantes petroleros vendieron la gran mentira. Al igual que la industria tabacalera, los responsables deben rendir cuentas. Hay que poner fin a la adicción a los combustibles fósiles. El objetivo de limitar el calentamiento a 1,5 grados centígrados respecto a la era preindustrial se está esfumando. Actualmente, los productores de combustibles fósiles y quienes los apoyan siguen luchando para aumentar la producción, a sabiendas de que su modelo económico es incompatible con la supervivencia de la humanidad.

Dado que no existe una definición de *carbotráfico* se propone aquí la siguiente:

Se denomina carbotráfico al comercio de combustibles fósiles -adictivos o no- principalmente petróleo. La base económica principal de este fenómeno es esta sustancia bituminosa, ya que su compraventa financia la mayor parte de un fenómeno que engloba la extracción, distribución, venta y control de mercados de *carbostupefaciens* dañinos para la salud y el ambiente. Las legislaciones internacionales no prohíben ni limitan el carbotráfico pese a haberse demostrado científicamente su significativa contribución a la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático y las innumerables formas de contaminación que provocan.

Observemos el estruendoso fracaso de las negociaciones internacionales sobre cambio climático a la luz de la evolución de las emisiones y concentraciones atmosféricas de gases efecto invernadero, para entender que tal fracaso es el lógico resultado del triunfo de los *carbotraficantes*, de los *perpetradores* según el calificativo de Suzuki.

Dos años después del primer informe del IPCC se celebró en junio de 1992 la *Conferencia de Naciones Unidas para el Ambiente y el Desarrollo* (CNUMAD) en Río de Janeiro en la que se aprobó el texto de la *Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC); cuyo objetivo era la estabilización de las concentraciones de gases

⁵⁴ Supran, G. Rahmstorf, S. y Oreskes, N. (2023). Evaluación de las proyecciones de calentamiento global de ExxonMobil. *Science*, Vol. 379, Número 6628

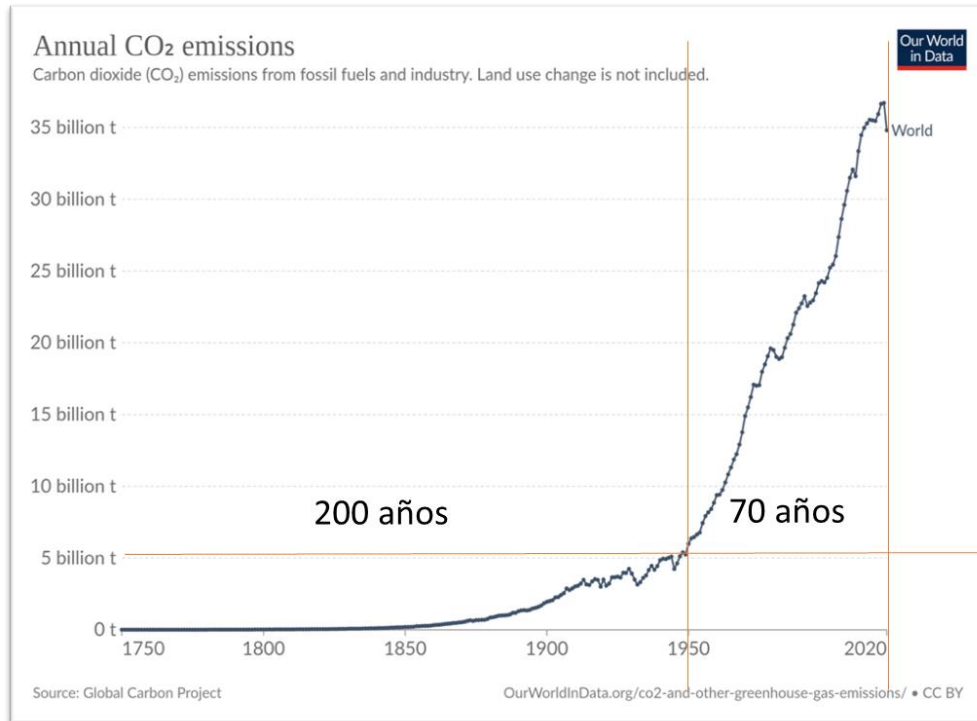
de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

La convención entró en vigor en 1994 y en 1997, ante la falta de resultados en base a compromisos voluntarios, se aprobó el *Protocolo de Kyoto* del CMNUCC donde se establecieron compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones para un grupo de países desarrollados identificados en el Anexo I del protocolo. Compromisos que no lograron detener, por incumplimiento, la dinámica exponencial de crecimiento de las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI), que en 1990 rompieron la barrera de seguridad establecida en 350 ppm y no se detuvieron.

Entre 1990 -año de referencia para las negociaciones internacionales- y 2010, un cuarto de siglo de “lucha” contra el cambio climático global, las emisiones mundiales de CO₂ aumentaron un 61%.

Ante el incesante crecimiento de las concentraciones de GEI, al celebrarse la XXI Conferencia de las Partes de la CMNUCC y XI Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto en París entre noviembre y diciembre de 2015 se logró firmar el *Acuerdo de París* en el que se establecieron medidas para la reducción de las emisiones de GEI a un nivel que permita mantener el aumento de la temperatura global promedio por debajo de los 2°C por encima de los niveles preindustriales, y perseguir esfuerzos para limitar el aumento a 1.5°C. Un año después, en 2016, las concentraciones de GEI en la atmósfera rompieron la barrera de las 400 ppm y continúan creciendo.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la manera en la que evolucionaron las emisiones de CO₂, particularmente, a partir de la década de 1950, cuando se inicia un crecimiento exponencial.



Cambio económico o cambio climático

En el artículo: *Cambio económico o cambio climático* (Merenson: 2011) que a continuación se transcribe, se analizan las causas de los sucesivos fracasos registrados en las negociaciones internacionales sobre cambio climático.

Con el objeto de dar respuesta a la crisis financiera que estalló en 2007, el G20 acordó celebrar una serie de *Cumbres de Jefes de Estado o Gobierno*. La primera de estas Cumbres se celebró en noviembre de 2008 en Washington DC. En la declaración surgida de la reunión se incluyó un párrafo por el que los líderes del G20 se comprometieron a afrontar otros retos de naturaleza crítica, como son la seguridad energética y el cambio climático.

En septiembre de 2009, al concluir su tercera Cumbre celebrada en Pittsburgh, la declaración señaló: *No escatimaremos esfuerzos para llegar a un acuerdo en Copenhague a través de las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Tres meses después, en diciembre de 2009, se celebró en Copenhague la décima quinta Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, sin poder alcanzar los acuerdos indispensables para evitar las interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático mundial. En junio de 2010, al finalizar la cuarta Cumbre del G20 celebrada en Toronto, y con el fracaso de Copenhague a cuestas, se incluyó el siguiente párrafo:

Reiteramos nuestro compromiso con una recuperación “verde” y con un crecimiento global sostenible. Aquellos de nosotros que se han asociado al Acuerdo de Copenhague reafirmamos nuestro apoyo a dicho Acuerdo y a su

implementación y llamamos a otros a que se asocien...estamos decididos a asegurar un resultado exitoso a través de un proceso inclusivo en las Conferencias de Cancún.

Como es de público conocimiento, en Cancún sólo se alcanzaron acuerdos secundarios sin poder dar una respuesta concreta y contundente a este desafío crítico que nos plantea el proceso de cambio climático global.

Nos hemos ido acostumbrando tanto a las noticias que informan de los magros resultados o el fracaso de las negociaciones que año a año se desarrollan en las Conferencias de las Partes de la Convención como así también de los incrementos de las emisiones antropogénicas de gases efecto invernáculo. Desde 1990, año establecido como base para las reducciones de emisiones del Protocolo de Kioto, la concentración atmosférica de CO₂ creció a una tasa anual de 1,5 ppm alcanzando, a finales de 2009, una concentración de 387 ppm, la más alta en los últimos 2 millones de años, aproximándose a paso firme a los umbrales críticos, tras los cuales se pueden esperar efectos climáticos graves e irreversibles.⁵⁵

El continuo ritmo de crecimiento de las emisiones contrasta con los objetivos de reducción establecidos luego de las arduas negociaciones desarrolladas en la Convención y su Protocolo de Kioto. Hoy esas negociaciones se encuentran empantanadas. Muchas son las causas que se pueden citar, pero existen dos hechos que no deben pasar inadvertidos a la hora de los balances.

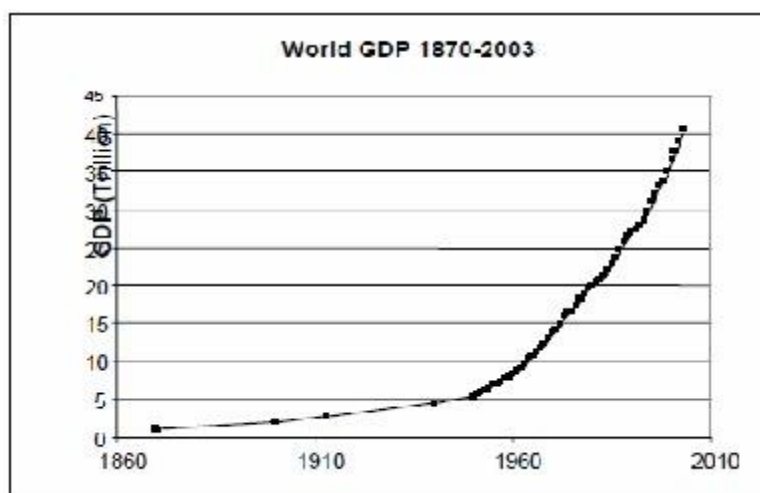
En primer lugar, cada día resulta mayor el abismo abierto entre la disminución de las emisiones necesaria para mitigar el cambio climático global definida por los científicos,⁵⁶ y la disminución de las emisiones que los políticos consideran factible de alcanzar. En segundo lugar, el pensamiento económico dominante, que no puede inspirar la adopción de medidas que posibiliten mitigar el cambio climático y menos aún inspirar el urgente y necesario cambio de rumbo hacia un curso de sostenibilidad. Valen aquí más que nunca las palabras de Albert Einstein: *los problemas no se pueden resolver dentro del marco mental que los originó.*

⁵⁵ En 2008 se ralentizó el ritmo de las emisiones de carbono, pero ellas igualmente subieron un 1,7% respecto del año anterior. Su evolución en las cuatro últimas décadas marca un crecimiento, desde las 16,3 Gigatoneladas (Gt) de CO₂ de 1970, pasando por las 22,3 GtCO₂ de 1990 hasta alcanzar las 31,6 GtCO₂ de 2008, este último es un valor que supone un incremento del 41% sobre 1990, año base del protocolo de Kioto, muy alejado de su objetivo de reducción, de un 5,2% sobre los niveles de 1990 que se debía alcanzar durante el primer periodo de compromiso (2008-2012).

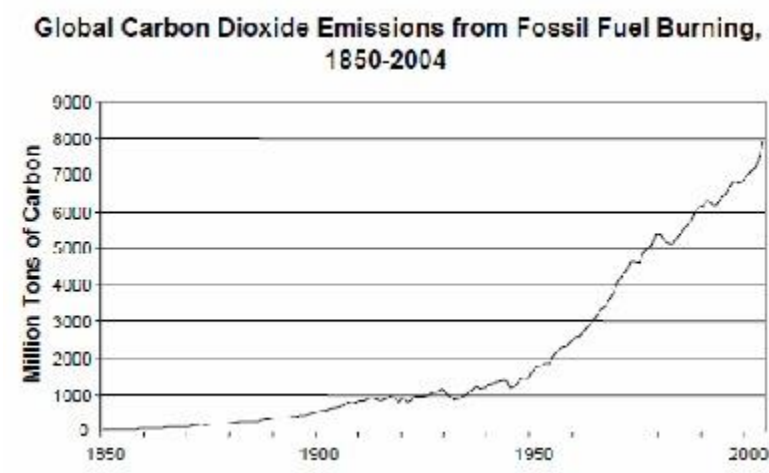
⁵⁶ En su Cuarto Informe (*Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/>) el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) postuló que para evitar una interferencia antropogéna peligrosa en el sistema climático mundial era necesario alcanzar una reducción de las emisiones de dióxido de carbono del orden de un 50 a un 85% para 2050.

No será nada fácil entonces revertir estas tendencias que apuntan en sentido contrario al indicado por los científicos, menos aun cuando tal como lo postula la Convención, las reducciones deberán alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Las decisiones políticas y económicas que conducen al aumento de las emisiones obedecen fundamentalmente a la imposibilidad de desconectar el crecimiento económico de las emisiones de carbono. Las curvas de crecimiento en las emisiones mundiales de CO₂ y del PIB sugieren que a cada incremento en el PIB corresponde un registro paralelo de mayor uso de energías fósiles y emisiones de CO₂.



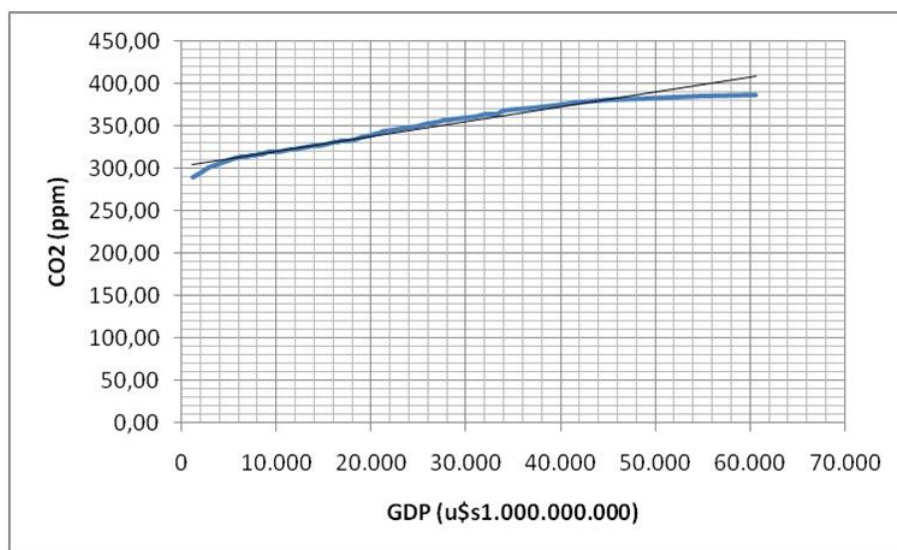
The record of long-term global economic growth, 1870-2004
Fuente: Maddison, *Historical Statistics for the World Economy, 1-2003 AD*.



Carbon dioxide emissions from fossil fuel burning, 1850-2004
Fuente: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC),

Gráficos tomados de “*Ecological macroeconomics: Consumption, investment, and climate change*” Jonathan M. Harris (Tufts University, USA) – *Real-World Economics Review* – Issue no. 50, 8 September 2009

Con el objeto de establecer el grado de correlación existente entre ambas series de datos (PIB y emisiones), el autor ha obtenido un valor de “r” igual a 0,98 para el periodo 1870-2008.



Elaboración propia

Una forma de visualizar el proceso y las causas que definen el aumento de las emisiones antropogénicas de gases efecto invernáculo, como ya fuera mencionado, la provee la *Identidad Kaya*, en la que se relaciona los factores que determinan el nivel de impacto humano sobre el clima en la forma de emisiones de dióxido de carbono. Kaya postula que son cuatro los factores que definen la cuantía de tales emisiones: la “intensidad de carbono de la energía” (emisiones de carbono por unidad de energía consumida); la “intensidad energética de la economía” (consumo de energía por unidad de PIB); el PIB *per cápita* y la población.

Mientras que las negociaciones en la Convención giran sobre las formas de disminuir la intensidad de carbono modificando las fuentes energéticas y sobre las formas de disminuir la intensidad energética de la economía aumentando la eficiencia en su uso, poco es lo que se dice, y nada lo que se negocia sobre la evolución del PIB/*cápita* y el crecimiento exponencial de la población. Ambos factores resultan preponderantes y definitorios de la cuantía de las emisiones de CO₂. Si aplicamos la ecuación de Kaya a los mejores pronósticos de reducción de intensidad de carbono y energética que se pueden esperar para los próximos 25 años e incorporamos las tendencias de crecimiento del PIB/*cápita* y de población, el resultado final sería que en 2035 las emisiones globales de CO₂ se incrementarían en más del 40% respecto de 2007, tal como lo ha calculado Mariano Marzo.⁵⁷

⁵⁷ Marzo, M. (2011). Cambio climático y crecimiento, documento electrónico: https://elpais.com/diario/2011/02/22/opinion/1298329213_850215.html

Cabe preguntarse entonces si el necesario freno a las emisiones de gases efecto invernáculo se podrá alcanzar dentro de las negociaciones que se desarrollan a nivel internacional en la Convención, o si en realidad ellas solo podrán llegar como fruto de un debate más amplio en el campo de la economía. Un debate en el que se analice en profundidad el paradigma dominante en las relaciones sociedad-naturaleza; que cuestione el actual modelo de desarrollo y se proponga un cambio copernicano en el sentido y dirección de nuestras actuales creencias económicas, entre las cuales, el crecimiento sin límites de la economía ocupa un lugar central.

Creo oportuno recordar las ideas del economista y matemático rumano Nicholas Georgescu-Roegen,⁵⁸ quien sostuvo que el pensamiento económico occidental se basa en una concepción mecanicista que conduce a expectativas de crecimiento ilimitado, generando inevitablemente crisis ecológicas, sociales y políticas. Un buen ejemplo de esto último es el cambio climático, en tanto los actuales patrones de producción, consumo y crecimiento económico, han dependido y dependen de un mayor uso de energía de combustibles fósiles. Ellos no podrán desvincularse hasta que no logremos redefinir el concepto mismo de crecimiento, cuestionando uno de sus núcleos macroeconómicos básicos, como es la hipótesis de un crecimiento continuo y exponencial en el PIB.

Aquí tampoco los cambios serán una tarea simple. El crecimiento ilimitado de la economía, el “Santo Grial” en el que descansan las concepciones económicas neoclásicas ha generado una compleja red ideológica en la que el consumismo ocupa un lugar central. Para comprender la importancia que el consumismo tiene en la vida moderna, basta con recordar a Víctor Lebow,⁵⁹ y su llamamiento a hacer del consumo *nuestra forma de vida*, a convertir en rituales *la compra y el uso de bienes*, a buscar *nuestra satisfacción espiritual, la satisfacción de nuestro ego, en el consumo*.

La exacerbación del consumo trajo como consecuencia patrones de producción basados en el concepto de “obsolescencia programada” y en refuerzo, la publicidad aportó a la “obsolescencia percibida”, motorizando ambas el consumo desmedido y el despilfarro, como medios para garantizar un ilusorio crecimiento económico ilimitado.

En la década de 1970, frente al crecimiento de una corriente de opinión contraria a las ideas que postulaban un crecimiento económico infinito, surgieron los intentos por demostrar que ello era posible. Ejemplos paradigmáticos son los trabajos de Solow, Stiglitz y Hartwick que intentaron establecer las condiciones necesarias para alcanzar un indefinido crecimiento económico pese a las limitaciones impuestas por la finitud de los recursos naturales, uno de cuyos pilares se centró en considerar que el capital económico podía sustituir al capital natural y que las bondades del cambio tecnológico hacen posible pensar en una explotación sin límites de los recursos naturales.

A la función de producción empleada por los modelos neoclásicos de crecimiento económico, que normalmente consideraban dos factores: el stock de capital económico y la oferta de trabajo, Solow y Stiglitz agregaron el flujo de recursos usados en la producción y

⁵⁸ Georgescu-Roegen, N. (1996): *La Ley de la Entropía y el proceso económico*, Madrid, Fundación Argentaria.

⁵⁹ Lebow, V. (1955). “Price Competition in 1955” *Journal of Retailing*, Vol. XXXI no. 1, pg 5

demonstraron matemáticamente que ese flujo puede ser tan pequeño como se desea, siempre que el capital económico sea suficientemente grande, como prueba de la existencia de sustitución entre el capital económico y el natural.

Estas especulaciones teóricas, propias de economistas que sólo consideran aquello que está dentro de su cerrado e inflexible modelo matemático, que normalmente tiene escasa o nula relación con lo que acontece en el mundo real, se estrellaron con la lapidaria crítica formulada por Georgescu-Roegen:⁶⁰

Solow y Stiglitz no habrían llevado a cabo su truco de magia (el incorporar en la función de producción el flujo de recursos naturales) si hubiesen tenido en cuenta, primero, que todo proceso material consiste en la transformación de unas materias en otras (los elementos de flujo) por parte de unos agentes (los elementos de fondo), y, segundo, que los recursos naturales se ven muy socavados en el proceso económico. No son como cualquier otro factor de producción. Una variación en el capital o el trabajo únicamente puede reducir la cantidad de desechos en la producción de una mercancía: ningún agente puede crear la materia con la que trabaja, ni el capital puede crear la sustancia de la que está hecho.

¿El capital artificial y el natural son mutuamente sustituibles, o son fundamentalmente complementarios y sólo marginalmente sustituibles entre sí? ¿El mundo natural finito puede admitir un infinito crecimiento de nuestra economía?

Para los ecólogos no es un secreto que la naturaleza confía en los equilibrios. Los ciclos del agua, del carbono o del nitrógeno resultan claros ejemplos de los delicados y complejos equilibrios de la vida. La regeneración natural de los ecosistemas boscosos o de los humedales son otras expresiones de esos equilibrios. Si existen equilibrios, necesariamente deben existir “límites” y una economía de crecimiento ilimitado contradice entonces esta tendencia natural, con lo cual las crecientes crisis ambientales y económicas en gran medida son síntomas de la descoordinación existente entre ambos mundos.

La Huella Ecológica, es un buen indicador que permite visualizar lo absurdo de concebir un crecimiento infinito en un mundo finito. Al asociar la Huella Ecológica con el concepto de Biocapacidad surge que, desde la década de 1980, la humanidad se ha colocado en una situación de sobregiro del capital natural, un sobregiro ecológico por el cual la demanda anual excede los recursos que puede regenerar la tierra cada año. Este sobregiro lleva al agotamiento del capital natural y al aumento en la generación de residuos, que no puede remediarse con la clásica fórmula económica de la sustitución entre diferentes formas de capital, ya que no existe una importación de recursos para el planeta.

En el negocio, como de costumbre, limitar las emisiones de carbono lleva directamente a la caída del crecimiento económico, con secuelas de recesión y desempleo, agudizando el estancamiento del mundo en desarrollo, de allí que difícilmente se pueda esperar que negociando en el estrecho margen de una convención sobre cambio climático se logre

⁶⁰ Georgescu-Roegen, N. (1979). “Comments on the Papers by Daly and Stiglitz”. En V. Kerry Smith, eds., *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

alcanzar el objetivo propuesto de estabilizar las concentraciones de gases efecto invernáculo en la atmósfera.

La solución solo puede llegar como resultado, en el lado de la oferta, de cambios en materia de eficiencia energética y fuentes de energía renovables, y en el lado de la demanda, estabilizando la población y modificando los patrones de consumo, que debería reorientarse de los bienes a los servicios del capital humano, entre otros: la educación, la salud y la recreación. En tal escenario, los países desarrollados tienen que moderar sus niveles de consumo y, los países en desarrollo tienen que alcanzar los promedios globales. De esta forma, el crecimiento económico debería redefinirse en el concepto de “progreso económico”, orientado hacia la vida social y cultural mejoradas.

Tal como lo sostiene Jonathan M. Harris,⁶¹ tenemos que preguntarnos si:

¿Podrá la teoría económica estándar adaptarse a estos cambios? ¿Podrá alcanzarse el objetivo de reducir drásticamente las emisiones de carbono sin agravar el desempleo, aumentar los conflictos entre los “ricos” y pobres “, o reducir el bienestar? Las respuestas a estas preguntas dependerán en parte del potencial tecnológico, en parte de la voluntad social para modificar las metas de consumo, pero también de manera significativa del enfoque que adoptemos para la teoría macroeconómica.

La opción, entonces, es clara: nos empeñamos como hasta ahora en negociar cuotas de reducción de emisiones mientras vemos como siguen aumentando sus concentraciones atmosféricas, o nos empeñamos en cambiar el rumbo de la economía, enfrentamos seriamente la amenaza del cambio climático y nos ponemos en la senda de un desarrollo verdaderamente sostenible.

Todo parece indicar que es muy poco probable que los *perpetradores* tengan que enfrentar la justicia y todo parece indicar también que es muy probable que por su accionar el sistema-mundo productivista, con su modelo energético fosilista, defina una subida de 4 a 5°C en las temperaturas medias del planeta y con ello, conduzca a un colapso civilizatorio.

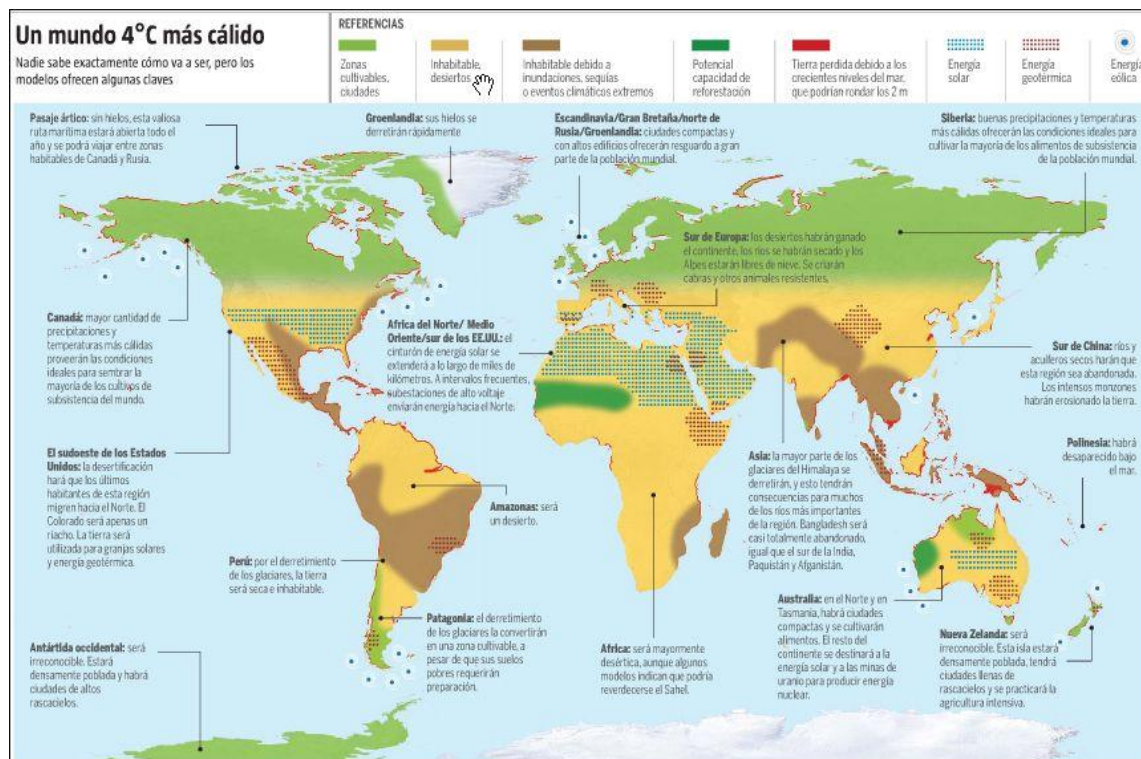
En *New Scientist*, en febrero de 2009, Gaia Vince describe un mundo en el que las temperaturas medias han aumentado 4 °C.

Cocodrilos descansando en la costa de Inglaterra; un vasto desierto brasileño; las míticas ciudades perdidas de Saigón, Nueva Orleans, Venecia y Mumbai; y el 90 por ciento de la humanidad desaparecida. Bienvenido al mundo calentado por 4°C. Claramente, esta es una visión del futuro que nadie quiere, pero podría suceder. Temiendo que los mejores esfuerzos para frenar las emisiones de gases de efecto invernadero puedan fracasar, o que los mecanismos de retroalimentación climática

⁶¹ Harris, J. M. (2008). “*Ecological macroeconomics: Consumption, investment, and climate change*”, Global Development and Environment Institute, Working Paper NO. 08-02. Harris, J. M. (2009). *Green Keynesianism: Beyond Standard Growth Paradigms*.

planetaria aceleren el calentamiento, algunos científicos y economistas están considerando no solo cómo sería este mundo futuro, sino cómo podría sostener una población humana en crecimiento.

En la mencionada revista se incluye un mapa interactivo: "*Surviving in a warmer world*" donde se muestra cómo podrían cambiar las condiciones climáticas en todo el mundo para 2060 si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan al ritmo actual y se registra un aumento de 4°C en las temperaturas medias del planeta. En dicho mapa se pueden visualizar, coloreadas en verde, aquellas zonas cultivables y por lo tanto habitables del planeta.



Pérdida de diversidad biológica

Aun cuando cotidianamente interactuamos con los componentes de la diversidad biológica, el término biodiversidad se ha mantenido como algo inasible para la mayor parte de la gente, que no comprende su significado, su importancia y las consecuencias de su degradación y pérdida.

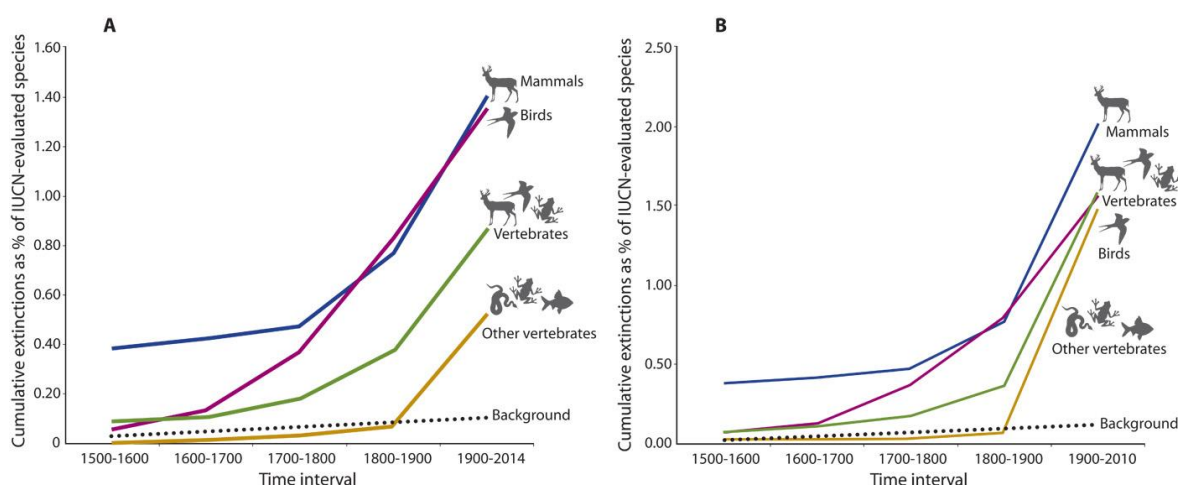
No se llega a advertir que biodiversidad es un concepto, una idea que intenta resumirse en un término y que nos remite al universo de la complejidad, de los equilibrios y de los límites. Es un concepto que, frente a la dominación, antepone la interrelación mutua, la reciprocidad entre los seres humanos y el resto de la naturaleza.

Los componentes de la diversidad biológica están siendo depredados a causa de formas inmediatistas de entender la economía.

Las mayores amenazas para los componentes de la diversidad biológica del lado de la producción emergen de los procesos de cambios de uso del suelo; la sobreexplotación y las especies exóticas invasoras, en tanto que, del lado de la contaminación se destacan las emisiones antropogénicas de gases efecto invernadero y las diferentes formas de polución.

Los análisis de Ceballos et al⁶² muestran que las tasas de extinción actuales superan ampliamente las tasas de fondo promedio naturales, tanto cuando se considera que la tasa de fondo es el doble de las estimaciones anteriores o cuando los datos sobre las extinciones de vertebrados modernos se tratan de la manera más conservadora posible.

El siguiente gráfico muestra el porcentaje acumulado de especies de vertebrados (mamíferos, pájaros, anfibios, peces o reptiles) registradas como extintas o extintas en estado silvestre por la UICN (2012) desde el año 1500. La línea punteada es la tasa natural de extinción.



Fuente: Cevallos *et al.*

Los gráficos muestran el porcentaje del número de especies evaluadas entre mamíferos (5513; 100% de los descritos), aves (10.425; 100%), reptiles (4414; 44%), anfibios (6414; 88%), peces (12.457; 38%) y todos los vertebrados combinados (39.223; 59%). La curva punteada negra representa el número de extinciones esperadas bajo una tasa de fondo estándar constante de 2 E/MSY (tasa de fondo de 2 extinciones de mamíferos por cada 10.000 especies por 100 años). Gráfico (A) Estimación altamente conservadora. Gráfico (B) Estimación conservadora.

Cevallos et al consideran que sus cálculos muy probablemente subestiman la gravedad de la crisis de extinción porque el objetivo que se habían planteado era colocar un "límite

⁶² Ceballos G. et al. (2015). "Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction". Documento electrónico: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1400253>

inferior" realista del impacto de la humanidad sobre la biodiversidad. De esta manera concluyen afirmando que:

...aunque los biólogos no pueden decir con *precisión* cuántas especies hay, o exactamente cuántas se han extinguido en cualquier intervalo de tiempo, podemos concluir con confianza que las tasas de extinción modernas son excepcionalmente altas, que están aumentando y que sugieren una extinción masiva en curso, la sexta de su tipo, en los 4.500 millones de años de historia de la Tierra [...] La evidencia es incontrovertible de que las tasas de extinción recientes no tienen precedentes en la historia humana y son muy inusuales en la historia de la Tierra. Nuestro análisis enfatiza que nuestra sociedad global ha comenzado a destruir especies de otros organismos a un ritmo acelerado, iniciando un episodio de extinción masiva sin precedentes en 65 millones de años. Si se permite que continúe el ritmo de extinción actualmente elevado, los humanos pronto (en tan solo tres vidas humanas) se verán privados de muchos beneficios de la biodiversidad. En escalas de tiempo humanas, esta pérdida sería efectivamente permanente porque, tras las extinciones masivas pasadas, el mundo vivo tardó entre cientos de miles y millones de años en volver a diversificarse. Evitar una verdadera sexta extinción masiva requerirá esfuerzos rápidos e intensificados para conservar especies ya amenazadas y aliviar las presiones sobre sus poblaciones, especialmente la pérdida de hábitat, la sobreexplotación económica y el cambio climático (31)⁶³ (33)⁶⁴. Todos estos están relacionados con el tamaño y el crecimiento de la población humana, que aumenta el consumo (especialmente entre los ricos) y la desigualdad económica (6)⁶⁵. Sin embargo, la ventana de oportunidad se está cerrando rápidamente.

La gravedad de la situación en materia de degradación y pérdida de la biodiversidad puede ser bien evaluada mediante el Índice Planeta Vivo que surge, en 2022, del análisis de casi 32.000 poblaciones de 5.230 especies de mamíferos, aves, peces, reptiles y anfibios en todo el mundo. Las tendencias de población individuales se reúnen para calcular el cambio porcentual promedio en el tamaño de la población usando un índice que permite estimar el cambio promedio en el tamaño de la población animal, no la disminución de especies. Así, por ejemplo, el Índice Planeta Vivo global 2022 muestra una disminución media del 69% en las poblaciones de animales salvajes entre 1970 y 2018 (rango: -63 % a -75 %).⁶⁶

⁶³ M. de L. Brooke, S. H. M. Butchart, S. T. Garnett, G. M. Crowley, N. B. Mantilla-Beniers, A. J. Stattersfield, (2008): *Rates of movement of threatened bird species between IUCN Red List categories and toward extinction. Conserv. Biol.* **22**, 417–427 (2008).

⁶⁴ Hoffmann, M. et al. (2010) *The Impact of conservation on the status of the world's vertebrates. Science* **330**, 1503–1509.

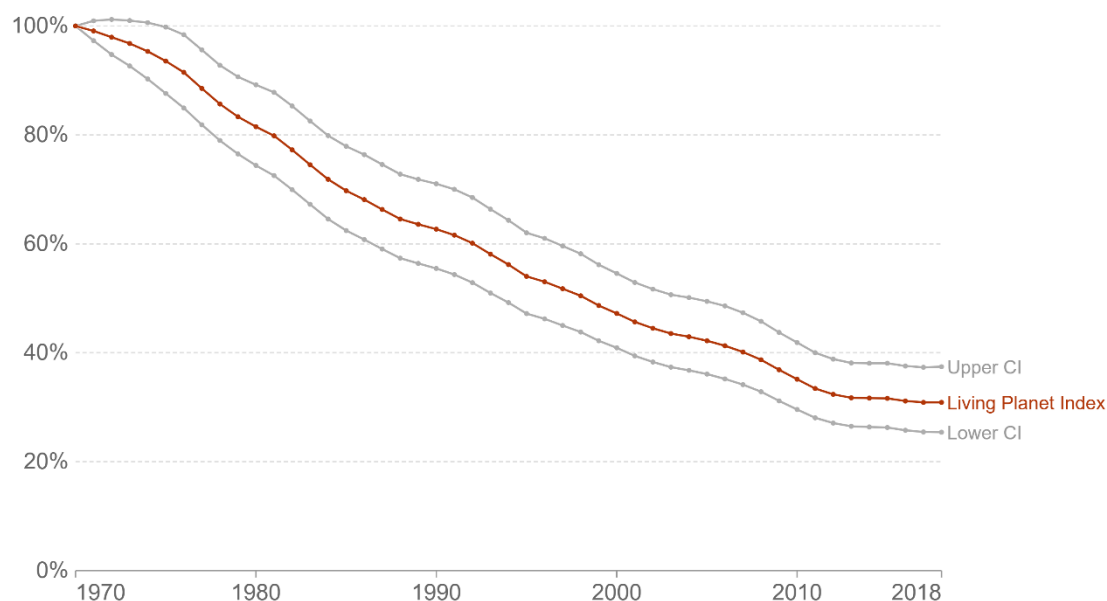
⁶⁵ Ehrlich, P. R. y Ehrlich, A. (2013): *Can a collapse of global civilization be avoided? Proc. Biol. Sci.* **280**.

⁶⁶ Documento electrónico:
https://wwfassets.panda.org/downloads/descarga_informe_planeta_vivo_2022.pdf

Living Planet Index, World



The Living Planet Index (LPI) measures the average decline in monitored wildlife populations¹. The index value measures the change in abundance in 31,821 populations across 5,230 species relative to the year 1970 (i.e. 1970 = 100%).



Source: World Wildlife Fund (WWF) and Zoological Society of London
Note: 95% upper and lower confidence intervals are shown in grey.

OurWorldInData.org/biodiversity • CC BY

1. **Population:** A population is a group of individuals of the same species that live in the same geographic area. A species will often have multiple or many populations, each living in a different area.

En Defaunación en el Antropoceno, Dirzo y coautores afirman que:⁶⁷

Vivimos en medio de una ola global de pérdida de biodiversidad impulsada por el hombre: extirpaciones de especies y poblaciones y, lo que es más importante, disminuciones en la abundancia de especies locales. En particular, los impactos humanos sobre la biodiversidad animal son una forma poco reconocida de cambio ambiental global. Entre los vertebrados terrestres, 322 especies se han extinguido desde 1500, y las poblaciones de las especies restantes muestran una disminución promedio del 25% en su abundancia. Los patrones de invertebrados son igualmente terribles: el 67% de las poblaciones monitoreadas muestran una disminución de la abundancia media del 45%. Tales disminuciones de animales repercutirán en el funcionamiento del ecosistema y el bienestar humano.

Entre los mensajes principales del *Resumen para los encargados de la formulación de políticas del informe de la evaluación mundial de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas* (2019) de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) se destacan los siguientes:

⁶⁷ Rodolfo Dirzo, Hillary S. Young, Mauro Galetti, Gerardo Ceballos, Nick JB Isaac y Ben Collen. (2014): *Defaunación en el Antropoceno*. *CIENCIA*, 25 de julio de 2014, Vol. 345, número 6195 págs. 401 - 406

La naturaleza y sus contribuciones fundamentales a las personas, que en conjunto incorporan la diversidad biológica y los servicios y funciones de los ecosistemas, se deterioran en todo el mundo. Durante los últimos 50 años, los impulsores directos e indirectos de cambio se han acelerado. Las trayectorias actuales no permiten alcanzar los objetivos para conservar y utilizar de manera sostenible la naturaleza, ni lograr la sostenibilidad, y los objetivos para 2030 en adelante solo serán factibles mediante cambios transformadores⁴ en las esferas económica, social, política y tecnológica. Es posible conservar, restaurar y usar la naturaleza de manera sostenible a la vez que se alcanzan otras metas sociales mundiales si se emprenden con urgencia iniciativas coordinadas que promuevan un cambio transformador.

Respecto del último mensaje del IPBES debemos señalar que tres fueron las razones que condujeron al complejo e intrincado proceso de negociaciones políticas y diplomáticas que desembocaron en 1992 con la aprobación del texto del *Convenio sobre la Diversidad Biológica*: el reconocimiento de la biodiversidad como un bien de valor inestimable para la supervivencia de las generaciones presentes y futuras; las amenazas que pesaban sobre los componentes de la biodiversidad y las asimetrías existentes entre distribución de la biodiversidad y desarrollo tecnológico.

Tan intrincado y complejo fue ese proceso como intrincada y compleja es la red normativa que se fue tejiendo. Un entramado desarrollado en los niveles global, regional, nacional y subnacional que incluye tratados, convenios, protocolos, leyes, decretos, resoluciones. Sumando a todo ello, estrategias, metas, objetivos, compromisos y declaraciones.

No obstante, transcurridos más de treinta años de innumerables reuniones y negociaciones, la tasa de extinción se ha disparado y la declinación de la tasa de aparición de nuevas especies, van configurando un escenario que puede ser caracterizado como el inicio de un nuevo episodio de *extinción en masa*, el sexto en la historia de nuestro planeta.⁶⁸

Pese a que la declinación de la diversidad biológica tendrá gravísimas consecuencias para la humanidad, no se tiene conciencia que, de no cambiar de rumbo, nuestros descendientes heredaran un planeta biológicamente empobrecido y homogeneizado.

En realidad, ya estamos compartiendo el planeta con muchas menos formas de vida silvestre que hace tan solo un siglo y en grandes áreas del mundo, la fauna y la flora tienden aceleradamente a homogeneizarse.

⁶⁸ Los paleontólogos caracterizan las extinciones masivas como momentos en los que la Tierra pierde más de las tres cuartas partes de su especie en un intervalo geológicamente corto, como ha ocurrido solo cinco veces en los últimos 540 millones de años aproximadamente. Los biólogos ahora sugieren que una sexta extinción masiva puede estar en marcha, dadas las pérdidas de especies conocidas en los últimos siglos y milenios. Ver: Barnosky, A., Matzke, N., Tomiya, S. *et al.* ¿Ha llegado ya la sexta extinción masiva de la Tierra? *Nature* 471, 51–57 (2011). <https://doi.org/10.1038/nature09678>

Para Vaclav Smil:⁶⁹

...una estimación liberal de la *zoomass* total de los mamíferos terrestres salvajes a principios y finales del siglo XX arroja no más de 50 Mt de peso vivo (alrededor de 10 Mt C) en 1900 y 25 Mt de peso vivo (alrededor de 5 Mt C) en 2000, una disminución del 50 por ciento. En contraste, durante el mismo tiempo, la *antropomass* global aumentó de aproximadamente 13 a 55 Mt C. Esto significa que la *antropomass* global superó la *zoomass* terrestre de los mamíferos salvajes en algún momento durante la segunda mitad del siglo XIX, que para 1900 era al menos un 30 por ciento más alta y que para el año 2000 la *zoomass* de todos los mamíferos terrestres salvajes era solo una décima parte de la *antropomass* global.

Smil (2011) proporciona la siguiente tabla

TABLE 2 Global anthropomass and zoomass of wild and domesticated animals, 1900 and 2000 (Mt C)

Year	Humans	Wild terrestrial mammals	Elephants	Domesticated animals	Cattle
1900	13	10	3.0	35	23
2000	55	5	0.3	120	80

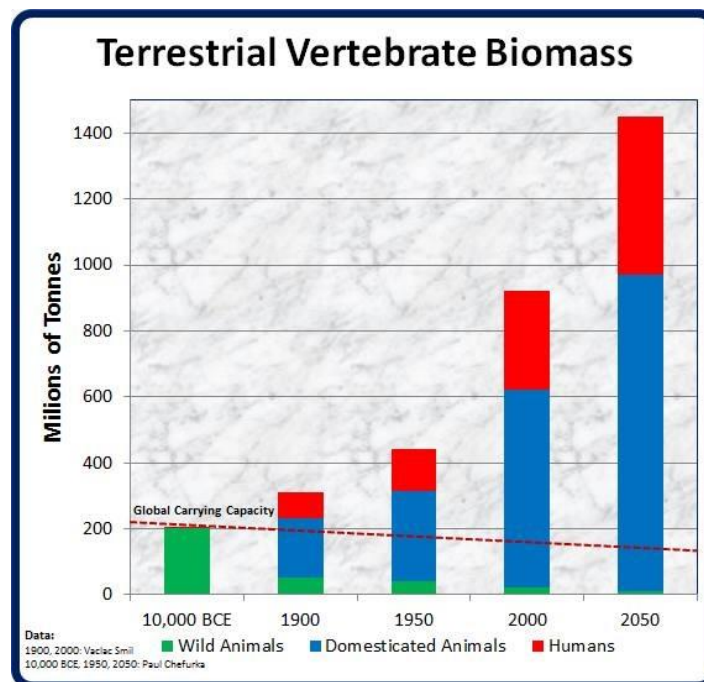
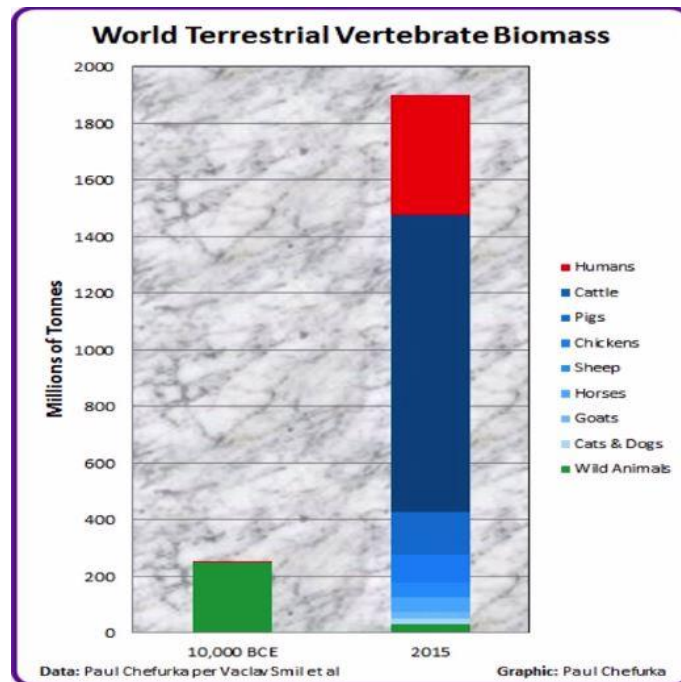
NOTE: Estimates shown are the best approximations of global totals; those for the anthropomass and the zoomass of domesticated animals and cattle in 2000 are relatively the most accurate.

Basándose en datos de Smil y de Paul Chefurka, Ron Patterson (2016),⁷⁰ afirma que:

hace 10.000 años, los humanos y sus animales domésticos eran una décima parte del uno por ciento de la biomasa de vertebrados terrestres y aéreos del mundo. Hoy en día son más del 97 por ciento de la biomasa de vertebrados terrestres y aéreos del mundo.

⁶⁹ Smil, V. (2011). *Harvesting the Biosphere: The Human Impact*, documento electrónico: http://www.vaclavsmil.com/wp-content/uploads/PDR37-4.Smil_.pgs613-636.pdf

⁷⁰ Documento electrónico: <https://peakoilbarrel.com/confessions-of-a-doomer/>



Refiriéndose al gráfico anterior, Patterson (2016) sostiene que:

La cantidad de biomasa de vertebrados terrestres humanos y sus animales está aumentando a un ritmo alarmante, mientras que la de todos los animales salvajes está disminuyendo a un ritmo alarmante. La línea punteada en el gráfico anterior, la capacidad de carga a largo plazo de la biomasa de vertebrados terrestres está disminuyendo debido a nuestra destrucción del hábitat animal, lo que significa nuestro hábitat.

Frente a una población total de 200.000 lobos silvestres, hoy tenemos más de 400 millones de perros domésticos. Frente a una población total de 900.000 búfalos africanos, hoy tenemos más de 1500 millones de vacas.

Otro buen ejemplo lo tenemos con el suministro de alimentos de la humanidad que hoy proviene de una muy estrecha franja de biodiversidad. Sólo 20 especies proporcionan el 90% de la comida del mundo y cuatro: maíz, trigo, soja y arroz, aportan más de la mitad, tornando extremadamente frágil un factor que, históricamente, ha sido el desencadenante de colapsos civilizatorios.

Resulta evidente que nuestras estrategias evolutivas claramente difieren de las que emplea la naturaleza y en lugar de basarnos en la diversidad hemos apostado por la homogeneidad.

Crisis ecológica: la mirada de Alain Lipietz

Lipietz (2012)⁷¹, identifica dos crisis ecológicas mundiales. La primera la sitúa durante la *Gran Peste* del siglo XIV; la segunda crisis ecológica mundial es la que estamos viviendo en la actualidad y en ambos casos el origen es el conflicto entre Humanidad y el resto de la Naturaleza

Marcellesi destaca que, para Lipietz:⁷²

...la crisis ecológica actual se diferencia profundamente de la crisis “exógena” de la Gran Peste (un microbio desconocido y devastador que ataca a sociedades debilitadas por un cambio climático de origen no antropogénico y la baja productividad agrícola) por ser el resultado de la dinámica social e histórica del propio modelo de desarrollo: el propio liberal-productivismo ha generado la tensión actual entre Humanidad y Naturaleza.

Para Lipietz (2012) la segunda crisis ecológica surge debido a:

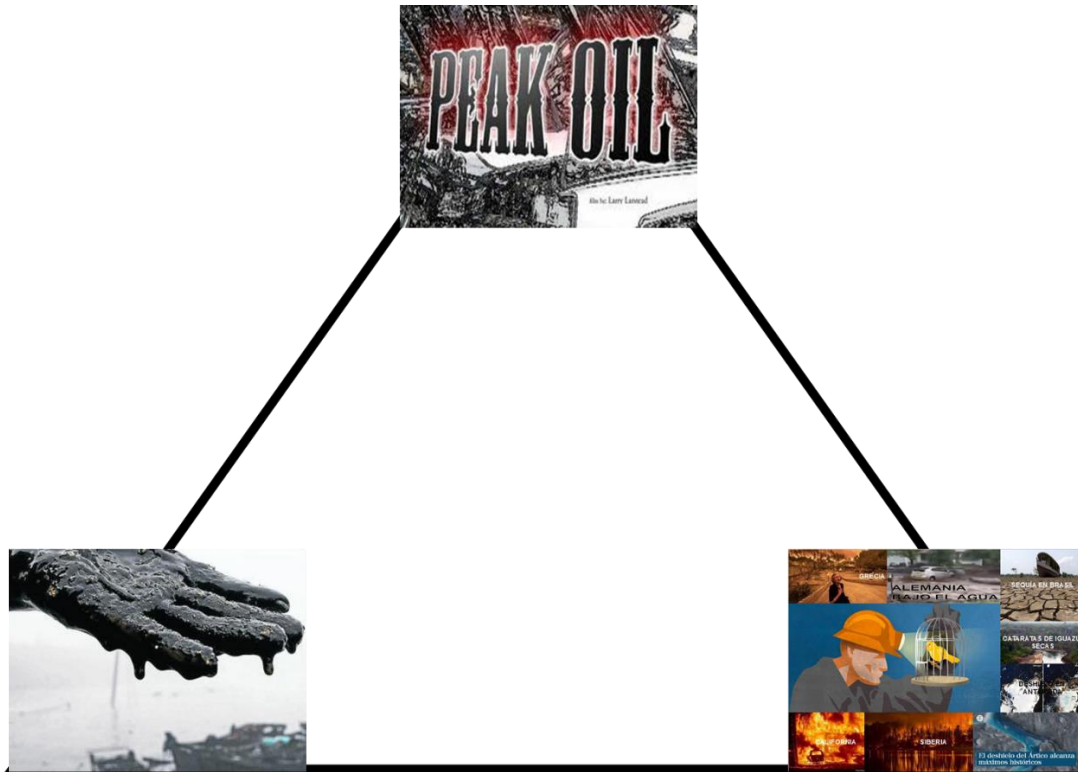
...la conjunción de dos nudos de crisis ecológicas, internas a la dinámica del modelo liberal-productivista: el “triángulo de las crisis energéticas” y el “cuadrado de los conflictos para el uso del suelo”, ellos mismos articulados sobre la crisis financiera, económica y social del modelo capitalista neoliberal que triunfa a nivel mundial desde principios de los años 1980. Este modelo liberal pesa mucho sobre la evolución de los dos nudos de las crisis ecológicas: incluso podemos decir que las engendra.

El “*triángulo de las crisis energéticas*” hace referencia a las tres crisis interconectadas que enfrenta la humanidad en cuanto a su consumo de energía: la crisis de la disponibilidad de

⁷¹ Lipietz, A. (2012): *Green Deal – La crise du libéral-productivisme et la réponse écologiste, La Découverte*.

⁷² Marcellesi, F. (2013): La crisis ecológica, documento electrónico:
<https://florentmarcellesi.eu/2013/01/08/que-es-la-crisis-ecologica/>

recursos energéticos, la crisis de la contaminación del ambiente debido al uso de combustibles fósiles y la crisis del cambio climático.



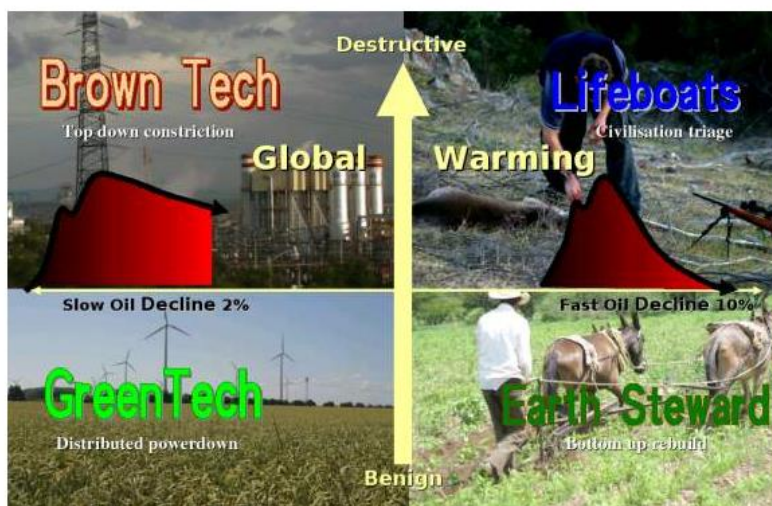
Por otro lado, el "*cuadrado de los conflictos para el uso del suelo*" se refiere a los cuatro conflictos principales relacionados con el uso del suelo:

1. el conflicto entre la urbanización y la agricultura,
2. el conflicto entre la protección ambiental y la explotación de recursos naturales,
3. el conflicto entre el uso de la tierra para la producción de alimentos y el uso de la tierra para la producción de biocombustibles, y
4. el conflicto entre el uso de la tierra para la producción de alimentos y el crecimiento de la población.

Lipietz argumenta que estos conflictos están interconectados y que es necesario abordarlos en conjunto para encontrar soluciones sostenibles y equitativas. Además, sostiene que los países industrializados tienen una responsabilidad particular en la resolución de estos conflictos, ya que han sido los principales contribuyentes a las crisis energéticas y ambientales.

Posibles escenarios futuros

En 2008, el ecologista australiano David Holmgren,^{73 74} coautor del concepto de *Permacultura*, proyectó cuatro posibles escenarios que se podían configurar entre los 10 y 30 años posteriores a su enunciado y ello en base a la manera en la que se podían combinar, por un lado, el descenso energético y, por otro lado, el avance del cambio climático.



The Four Global Climate Change & Energy Descent Scenarios

Holmgren identificó como “*tecno-marrón*” al escenario que se podía configurar si se registraba un cambio climático fuerte y un descenso energético suave; como un escenario de “*sálvese quien pueda*” o de “*botes salvavidas*” al que se podía configurar si el cambio climático era fuerte y también lo era el descenso energético; como “*cuidar la Tierra*” al escenario que se configuraba si ocurría un cambio climático leve y un descenso energético fuerte y como un escenario “*tecno-verde*” a aquel que se configuraba con un cambio climático leve y un descenso energético suave.

En la actualidad, algunos piensan que no existe el cambio climático y los combustibles fósiles son eternos. Otros piensan que vivimos en un escenario *tecno-verde*, mientras que no tantos pensamos que ya nos encontramos viviendo en un mundo *tecno-marrón* con tendencias al agravamiento y el consiguiente riesgo de precipitarnos hacia un escenario de *sálvese quien pueda*.

Veamos entonces las principales características del escenario *tecno-marrón*.

Para hacer frente a las amenazas que suponen el descenso energético y el cambio climático, como para cuidar y aprovechar las “oportunidades” que ellos les pueden ofrecer de manera circunstancial, los gobiernos nacionales iniciarían políticas y acciones fuertes e incluso agresivas, generándose condiciones propicias para el surgimiento de un sistema político

⁷³ Holmgren, David. (2009). *Future Scenarios: How Communities Can Adapt to Peak Oil and Climate Change*. Chelsea Green Publishing.

⁷⁴ La propuesta en detalle puede ser consultada en: <https://www.futurescenarios.org/>

corporativista con tendencia a fusiones del poder estatal y corporativo, tendiendo a establecer modelos de naturaleza fascista.

En sus intentos por mantener la anacrónica sociedad hiperenergética productivista y consumista, en una huida hacia adelante, gobiernos y corporaciones se aferrarán al modelo energético fosilista consumiendo hasta el último metro cúbico de petróleo, gas natural y carbón que les sea posible, incluidos los antieconómicos y de alto riesgo hidrocarburos no convencionales y los yacimientos de aguas profundas; relanzando la energía nuclear a una escala nunca antes imaginada y haciendo uso intensivo de los granos para la producción de combustibles, lo que comprometerá la seguridad alimentaria, configurando en conjunto una verdadera guerra contra la naturaleza y contra la humanidad futura.

A los altísimos costos que demandará mantener el sueño hiperenergético de las élites del poder se sumarán los enormes costo de defensa o reemplazo de infraestructuras amenazadas o destruidas por efectos de las consecuencias del cambio climático como así también se deberá hacer frente a los costos que traerá aparejada la inevitable reducción de la producción de alimentos de la agricultura, tanto industrial como de pequeña escala, originada por los efectos combinados de las consecuencias del cambio climático.

En este escenario aumentan las ganancias, tanto en el sector de los recursos no renovables como de la agricultura industrial a gran escala, debido a los altos precios de las materias primas, revirtiendo muchos de los patrones y tendencias económicos de las últimas décadas. La riqueza de las corporaciones y naciones que controlan estos recursos aumenta incluso cuando se acentúa el agotamiento de recursos energéticos y el cambio climático causa caos en la agricultura.

Frente a los altísimos costos que demandan el sector energético, de defensa, seguridad, infraestructura y para subsidiar alimentos se derrumban los presupuestos para educación, salud, cultura, deportes, etc.

Estallan guerras para asegurar el abastecimiento energético y de alimentos que ponen en el centro de la atención pública la cuestión de las amenazas externas y exaltan los nacionalismos y la xenofobia.

En este contexto, la inevitable caída del consumo conduce a una caída del crecimiento económico que las políticas gubernamentales no pueden atender en tanto concentran sus recursos limitados en la seguridad alimentaria, energía, defensa y para mitigar efectos del cambio climático. De esta manera comienza una depresión económica global a partir de los efectos combinados de los altos precios de la energía y los alimentos, la competencia entre las superpotencias y la creciente fragilidad del sistema financiero que se acentuará ante la insolvencia de las superendeudadas empresas energéticas debido al colapso de la producción de hidrocarburos no convencionales.

Si bien el descenso energético tiene importancia en la configuración política del escenario *tecno-marrón*, es la rápida irrupción de las consecuencias del cambio climático la que facilita grandemente el creciente apoyo a los sistemas autoritarios, nacionalistas e incluso corporativistas.

Frente a las consecuencias de un clima caótico, como los problemas de suministro de alimentos, los cambios en el uso del suelo y el abandono de tierras marginales, emergen las

demandas sociales para una acción gubernamental enérgica destinada a proteger a las personas tanto de los altos costos de los alimentos, energía y desastres naturales, como de políticas agresivas de otras naciones y de las inevitables migraciones masivas de personas desplazadas, no solo desde otros países sino también internamente con tasas de urbanización que aumentan a medida que se acelera el impacto del cambio climático y la retirada de los servicios respaldados por el gobierno en las regiones rurales más remotas.

Se acelera el declive de la clase media en muchos países y ello conduce al descontento y al aumento de la represión gubernamental. Surgen o se incrementan los campos de refugiados de emigrantes, perseguidos o personas sin hogar. Cobran fuerza renovada los enfoques para el control de la natalidad.

Una serie de conflictos internacionales breves pero intensos confirman cambios importantes en los equilibrios de poder globales al tiempo que aceleran el agotamiento de los recursos. El control de los recursos minerales y de combustibles fósiles no renovables sigue siendo fundamental, mientras que la importancia (relativa) de la riqueza renovable de la agricultura y la silvicultura sigue disminuyendo a medida que el clima se deteriora, especialmente en países donde la mayor severidad de las sequías golpea con fuerza.

Con el suministro de alimentos amenazado, los combustibles fósiles y otros recursos se redirigen de la movilidad y el consumo personales a la agricultura intensiva en invernaderos y otros entornos controlados, en su mayoría agrupados alrededor de centros urbanos y gestionados por corporaciones agroindustriales.

La desalinización y otras formas energointensivas para mantener los sistemas de suministro de agua se construyen a un costo enorme y aumentan aún más la demanda de energía.

La amenaza del aumento del nivel del mar conduce a la remodelación urbana a gran escala impulsada por políticas gubernamentales. Se financian algunas iniciativas muy audaces para el desarrollo urbano de densidad media energéticamente eficiente y la infraestructura de transporte público. Una característica clave de este escenario es la sensación de división entre el número cada vez menor de "ricos" que dependen de un trabajo en el "sistema" y los muchos que constituyen subculturas nómadas y altamente flexibles que viven de los desechos del "sistema" y la naturaleza.

La seguridad de los que "tienen" es un problema constante en las comunidades cerradas y en los barrios y barrios de estilo *apartheid* para los que "no tienen".

Mientras que las élites continúan siendo impulsadas por un compromiso con creencias superracionalistas, un sentido de vacío y falta de propósito caracteriza a la clase media que se encoge, mientras que las religiones y cultos fundamentalistas juegan un papel más fuerte en la vida de las clases trabajadoras y desempleadas, en parte a través de reacciones genuinas a los fracasos del humanismo moderno y parcialmente manipuladas por las élites para desviar la ira y el desencanto.

El escenario *tecno-marrón* podría ser dominante e incluso más o menos socialmente estable durante muchas décadas hasta que el colapso climático en curso y el descenso energético impulsen un cambio al escenario de *sálvese quien pueda*.

La esencia de este escenario se encuentra en la restricción que el poder nacional ejerce sobre el consumo y la concentración de recursos para mantener al Estado nacional, frente a las consecuencias del cambio climático y la reducción del suministro de energía y alimentos.

Holmgren no incluyó o lo hizo de manera indirecta los muy graves impactos ecosociales del proceso de degradación y pérdida de los componentes de la diversidad biológica los que se manifestarán -principalmente- en la alimentación y en la elaboración de productos medicinales.

También es importante destacar que además del descenso energético se registrará un marcado agotamiento en el stock de recursos naturales que agudizará los problemas, aspecto este que, como ya hemos visto, si ocupa un lugar muy destacado en el *Modelo Mundial Estándar de Los Límites del Crecimiento*; donde se describe el escenario que se podía esperar de la siguiente manera:

Los alimentos, la producción industrial y la población crecen exponencialmente hasta que la rápida disminución de la base de recursos obliga a una desaceleración del crecimiento industrial. Debido a los retrasos naturales en el sistema, tanto la población como la contaminación continúan aumentando durante algún tiempo después del pico de la industrialización. El crecimiento de la población finalmente se detiene por un aumento en la tasa de mortalidad debido a la disminución de los alimentos y los servicios médicos.

El modo de comportamiento del sistema claramente es el de exceso y colapso. En este caso el colapso se produce debido al agotamiento de los recursos no renovables. El stock de capital industrial crece a un nivel que requiere un enorme aporte de recursos. En el proceso mismo de ese crecimiento agota una gran parte de las reservas de recursos disponibles. A medida que suben los precios de los recursos y se agotan las minas, se debe utilizar cada vez más capital para obtener recursos, dejando menos que invertir para el crecimiento futuro. Por último, la inversión no puede mantenerse a la altura de la depreciación y la base industrial se derrumba, llevando consigo los servicios y los sistemas agrícolas que se han vuelto dependientes de insumos industriales (como fertilizantes, pesticidas, laboratorios hospitalarios, ordenadores y especialmente energía para la mecanización). Por un corto tiempo la situación es especialmente grave porque la población, con los retrasos inherentes a la estructura de edad y al proceso de ajuste social, sigue aumentando. Finalmente, la población disminuye cuando la tasa de mortalidad se dispara por la falta de alimentos y servicios de salud.

El momento exacto de estos eventos no es significativo, dada la gran agregación y muchas incertidumbres en el modelo. Es significativo, sin embargo, que el crecimiento se detiene mucho antes del año 2100. Hemos intentado en cada caso dudoso hacer la estimación más optimista de cantidades desconocidas, y también hemos ignorado eventos discontinuos como guerras o epidemias, que podrían actuar para poner fin al crecimiento incluso antes de lo que nuestro modelo indicaría. En otras palabras, el modelo está sesgado para permitir que el crecimiento continúe más de lo que probablemente pueda continuar en el mundo real. Por lo tanto, podemos decir con cierta confianza que, con el supuesto de que no se produzca un cambio importante en el sistema actual, el crecimiento demográfico e industrial ciertamente cesará – a más tardar – en el próximo siglo [se refieren al siglo XXI].

El modelo mundial estándar colapsa debido a una crisis de recursos. ¿Qué pasa si nuestra estimación del stock global de recursos es incorrecta? En el modelo supusimos que en 1970 había un suministro de 250 años de todos los recursos, a las tasas de uso de 1970. La columna del índice de reserva estática de la tabla de recursos del capítulo II verificará que este supuesto es realmente optimista. Pero seamos aún más optimistas y supongamos que los nuevos descubrimientos o avances en la tecnología pueden duplicar la cantidad de recursos económicamente disponibles. En una corrida del modelo que funciona bajo esa suposición se ve que es muy similar al de la serie estándar. En este caso, la principal fuerza que detiene el crecimiento es un aumento repentino en el nivel de contaminación causado por una sobrecarga de la capacidad natural de absorción del ambiente. La tasa de mortalidad se eleva abruptamente por la contaminación y la falta de alimentos. Al mismo tiempo, los recursos están gravemente agotados, a pesar de la cantidad duplicada disponible, simplemente porque unos pocos años más de crecimiento exponencial en la industria son suficientes para consumir esos recursos adicionales.

Las proyecciones de *World-3* de *Los Límites del Crecimiento* indicaban que los alimentos, la producción industrial y la población crecían exponencialmente hasta que la base de recursos -que disminuía rápidamente- obliga a una desaceleración en el crecimiento industrial. Debido a los retrasos naturales en el sistema, tanto la población como la contaminación continuaban aumentando durante algún tiempo después del pico de la industrialización, pero el crecimiento de la población finalmente se detenía por un aumento en la tasa de mortalidad debido a la disminución de alimentos y los servicios de salud. A partir del modelo estándar se corrieron nueve modelos bajo diferentes hipótesis y en todos los casos, *World-3* demostraba que –inevitablemente- se arribaba a un colapso que debería producirse antes de un siglo o lo que es igual, antes de 2070.